

# 5G 移动智能影像系统设计

史森中 张和华 黄 靖 周 超

龚黎伶

(中国人民解放军陆军特色医学中心医学工程科  
重庆 400042)(中国人民解放军陆军特色医学中心信息科  
重庆 400042)

〔摘要〕 介绍移动智能影像系统研究进展, 详细阐述基于安卓系统的 5G 移动智能影像系统设计, 包括系统平台选择、跨网访问安全性保障、影像调阅通信标准数据结构等, 分析系统应用情况。

〔关键词〕 移动; 医学影像; 智能手机

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2022.05.013

**Design of 5G Mobile Intelligent Image System** SHI Senzhong, ZHANG Hehua, HUANG Jing, ZHOU Chao, Medical Engineering Section, Army Special Medical Center of PLA, Chongqing 400042, China, GONG Liling, Information Centre, Army Special Medical Center of PLA, Chongqing 400042, China

〔Abstract〕 The paper introduces the research progress of mobile intelligent image system, expounds the design of 5G mobile intelligent image system based on Android in detail, including system platform selection, cross-network access security guarantee, image reading and communication standard data structure, etc., and analyzes the application of the system.

〔Keywords〕 mobile; medical image; intelligent mobile phone

## 1 引言

在医疗信息化工作中, 各类诊疗工作离不开医学影像存储与传输系统 (Picture Archiving and Communication System, PACS) 作为支撑。以往该系统工作环境主要位于有线局域网个人电脑用户终端中, 即医务人员必须在相应科室的工作区域通过个人工作站才能对相应影像检查报告进行查询和检索<sup>[1-2]</sup>。开发一种不受局域网络环境所限制的系统 and 平台, 以便医务工作者能通过移动智能平台无线连接到终端, 及时了解和掌握工作站中患者的 PACS 影像检查结果非常必要。

〔修回日期〕 2021-09-08

〔作者简介〕 史森中, 博士, 高级工程师, 发表论文 30 篇; 通信作者: 龚黎伶, 主管技师。

## 2 移动智能影像系统研究进展

### 2.1 技术条件成熟

近年来国内通信技术以及网络技术在国家相关政策支持下迅猛发展, 相应网络基础设施以及技术条件不断完善, 为移动 PACS 提供了网络通信基础保障。根据工信部发布的 2020 年通信业经济运行情况, 截至 2020 年 10 月末 5G 手机终端连接数量已达 3.65 亿户, 代表着我国 5G 技术及应用环境已趋于成熟并且可以持续化发展, 同时也为国内移动医疗技术提供了有利条件, 使移动 PACS 实施成为可能。目前国内市场中越来越多商业机构以及科研单位积极研究适用于移动终端的 PACS。

### 2.2 形成相关标准

移动 PACS 的医学病理和影像分析分类编码标

准方面，典型代表是医学数字成像和通信（Digital Imaging and Communications in Medicine, DICOM）3.0 标准，该标准早期是由美国放射学及电子制造协会共同起草完成，通过不断修改和完善形成行业通用的 DICOM 3.0 标准。该标准同时也是医学影像传输与通信的国际标准，目前被普遍采用，是当前使用最为广泛的大规模标准化中文医用术语数据结构，有利于 PACS 影像存储、传输和归档，且实现不同设备之间 PACS 影像资料的快速传阅共享和检索重建。

### 3 系统设计

#### 3.1 概述

本系统移动数据传输主要依托于第 5 代移动通信技术（5th Generation Mobile Networks, 5G），安全方面主要借助公开密钥基础设施（Public Key Infrastructure, PKI）加密技术，数字认证技术以及虚拟专用网络（Virtual Private Network, VPN）等。在保证数据安全前提下形成一个 5G 闭环网络环境。5G 网络拥有高速的传输速率以及更大的带宽容量，目前国内 5G 网络带宽理论上可达 1 ~ 10Gbit/s<sup>[3]</sup>，其传输速率优于现有的百兆光纤网络。为移动 PACS 传输阅片和调取提供强大通信基础支持。医务人员通过利用已授权的移动终端，安装本系统 APP 客户终端后即可实现上述操作。

#### 3.2 系统平台选择

目前主流移动智能终端系统操作平台主要由 iOS 以及安卓（Android）系统所占据<sup>[4]</sup>，用户数量巨大。但从开发者角度来看 iOS 相对较为封闭，其二次开发难度较大，系统程序不可替代，其中的第 3 方程序需要非常严格的应用权限授权。而 Android 系统权限相对较为开放，能够自由容纳第 3 方应用程序，可以实现第 3 方应用程序对原有系统程序的替换。因此选择较为开放的 Android 平台作为本移动 PACS 影像终端的系统平台。

#### 3.3 跨网访问安全性问题

- 3.3.1 概述 基于 5G 网络平台搭建移动 PACS 需要通过外部互联网络环境跨网访问内部网络。由于医院网络属于涉密局域网，需要防止医疗数据、患者信息泄露，同时还要阻止系统外部攻击，因此在系统规划初期即将网络安全措施和机制纳入其中。
- 3.3.2 安全机制和构建措施 陆军特色医学中心作为大型三甲医院已经拥有相对丰富的经验，如已实现微信、支付宝等 APP 扫描支付结账，通过手机等移动设备进行挂号等功能。现阶段采取 VPN 技术，通过外部互联网络调取内部局域网系统。移动 PACS 医学影像安全访问技术层面主要借助外网云服务运营商，通过划分、租赁私有云并通过 VPN 技术完成整个过程。
- 3.3.3 具体构建路径 在院内根据业务需求和安全等级保护要求，采用防火墙、网闸来控制互联网接入到核心交换区；利用入侵检测系统和监控系统控制整个网络中的攻击行为；设置对外提供服务的隔离区（Demilitarized Zone, DMZ），将移动医疗系统服务器部署在此。在院外，借助阿里云等云服务平台划分医院的专有网络（Virtual Private Cloud, VPC），通过 VPN 相连<sup>[5]</sup>。VPN 可以通过特殊的加密通信协议在互联网上两个或多个企业内部网之间建立一条专有通信线路，以确保移动 PACS 访问安全。

#### 3.4 影像调阅通信标准数据结构

在移动终端 PACS 影像调阅过程中采用 DICOM 3.0 作为移动影像成像与通信标准。移动 PACS 的数据结构采用树形结构，其文件头包含导言和前缀，而数据集中数据元素的核心技术是成像技术，其载体为数据像素。传输方式主要分为数据像素矩阵和图像文件格式，包括患者姓名和年龄等基本信息资料，见图 1。

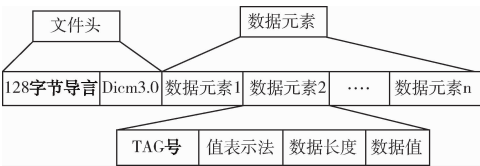


图 1 移动影像系统数据通信结构

### 3.5 移动终端影像压缩

近年来由于医疗机构特别是三甲医疗机构日门诊量以及住院患者数量日趋增长，每日产生的影像文件数量多达 10 万份，日新增影像报告数据量达数十至数百 GB，需要相应的医学影像文件压缩技术。本系统在影像文件格式压缩方面主要采用 JPEG2000 标准<sup>[6]</sup>，通过感兴趣区域（Region of Interest, ROI）分层压缩技术编码实现影像文件分层压缩，解决单纯应用 JPEG2000 标准压缩技术所存在的块状文件模糊问题。在图像传送中采用基于小播技术的压缩方法，对超大医学影像（24Mbytes）采用 3% 的压缩率快速压缩、解压。医学影像进行

压缩后图像仍然能保持原图的细微结构及清晰度，从而保障能用于移动诊断。同时将放射线影像压缩率控制在 1%，大幅降低图像传输速度且适合本系统运行。

### 3.6 系统架构

3.6.1 概述 系统主要基于浏览器/服务器（Browser/Server, B/S）模型的超文本标记语言 5（Hyper Text Markup Language 5, HTML5）架构作为可视化平台模型，其客户端安装较简便，维护扩展相对较容易<sup>[7]</sup>。系统整体结构主要包括客户端、服务器端两部分，见图 2。

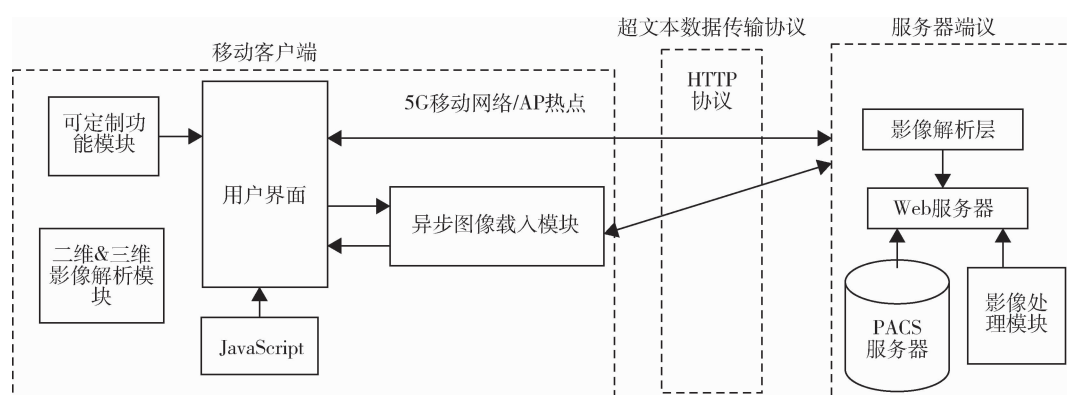


图 2 系统架构

3.6.2 客户端 用户界面采用 JavaScript 作为整体开发语言。客户端部分主要包括：可视化的用户界面、可根据需求进行扩展和修改定制的功能模块、异步图像载入模块等。通过线程消息传递机制接受指令和返回数据；二维及三维影像传输解析模块主要负责医学影像数据绘制和交互显示。利用二维、三维影像解析模块响应前端不同服务请求，解决了因线程没有优化处理可能出现的影像资料文件无法正常显示、加载缓慢、内存溢出、系统奔溃等问题。

3.6.3 服务器 负责全院影像结果的资料存储和归档。PACS 服务器通过 DCMTK 技术实现全院医学影像资料的归纳、存储和解析，浏览器端和服务端之间通过超文本传输协议（Hyper Text Transfer Protocol, HTTP）进行通信。HTTP 作为一种被广泛使用的通用网络协议，在开放式系统互连（Open

System Interconnect, OSI）的协议体系上灵活且稳定，非常适合本系统影像文件传输和通信。系统是现有医护工作站的扩展和延伸，而非简单的复制。传输网络方面借助 5G 通信技术实现对 PACS 服务器的调用和查询，在通过智能终端系统完成相应患者影像结果的诊断后，将诊断结果传输至诊断服务器进行保存和归档。

### 3.7 移动影像报告浏览与处理

3.7.1 实现 PACS 服务器中影像报告的直接调阅浏览 作为 PACS 的移动终端，需要直接调阅浏览 PACS 服务器中的影像报告，采取两个步骤来实现：第 1 步通过 DICOM3.0 标准将影像图像下载到本地。由于移动终端的本地存储空间限制，直接打开“DCM”格式文件将会在移动终端中产生大量缓存

冗余文件,因此通过第 2 步选中相应“.DCM”文件后进行 2 次压缩和解析。打开过程中影像报告已通过 JPEG 2000 标准和 ROI 分层压缩编码进行 2 次文件压缩以及文件解析显示,实际打开后的影像文件是“.PG2”文件格式,“.DCM”文件被 2 次压缩和解析后能够在该移动终端得到良好展现,相应像素满足医疗诊断的阅片标准。

**3.7.2 影像报告处理和阅片功能设计** 由于移动智能终端受本身体积限制,不能提供具有强大图像处理功能的独立显卡和显存,为此在移动影像报告的阅览和处理方面设计影像报告处理和阅片功能,包括影像报告以轴点为中心自由缩放功能,以便单手或双手实现操作;窗口界面位置调整功能;影像图像拖移翻转功能;影像报告色度、色温、亮度、灰度、相位的深度、对比度显示等,能够满足移动环境下医务人员工作需要,实现对患者影像结果的查阅、诊断、分析和处理等常用操作。此外还包括影像报告中病灶的批注和标注功能;影像报告查询、编辑以及提交功能等。

## 4 应用成效

### 4.1 缓解基层医疗机构影像技术人员匮乏的问题

我国影像诊断医师人才紧缺,多集中在大城市、大医院。很多中小医疗机构引进了先进的影像设备,但缺乏优秀的影像诊断医师。针对此情况,本系统设置影像诊断托管模式,医院只需配备影像设备操作技师和 1 台会诊服务器,会诊服务器直接连接影像设备或 PACS 服务器,远程影像会诊中心专家通过移动智能终端无线连接进行影像实时监控。诊断中心专家可通过移动智能终端的系统平台查阅患者医学影像,远程进行医学影像诊断和确认后出具影像诊断报告,基层医疗机构收到诊断报告后直接打印并发放给患者。此方式解决基层医疗结构影像诊断人员缺乏问题,可有效提高医院诊断水平以及患者对医疗机构的信赖程度。

### 4.2 加强基层医院对影像诊断结果的质量控制

部分医疗机构影像科医生诊断水平较低,

无法保证影像诊断质量。本系统提供远程专家影像审核功能,基层医疗机构在拍完影像后,影像科医生书写诊断报告,上级医疗机构专家通过系统智能终端与基层医疗机构 PACS 对接,远端上级医疗机构能第 1 时间调取患者影像及基层医疗机构影像科医生所书写的诊断报告,进行影像审核,从而加强影像诊断质量把控。基层医疗机构只负责报告书写,没有审核权限,远程专家在查看并审核后,由基层医疗机构医生打印并发放给患者,加强了基层医疗机构影像报告的严谨性。

### 4.3 实现紧急情况下的移动诊断

医疗行业中,即便是大型医疗机构,夜间住院总值班医师、值班医师数量有限,且诊断经验相对较缺乏,当遭遇紧急疑难病例时很难快速应对和诊断<sup>[7]</sup>。为解决这一问题,医疗机构为一线上级医师配备可随身携带的移动影像终端设备,紧急会诊情况下,一线上级医师根据紧急会诊需求可远程提取会诊影像数据进行会诊。住院医师通过系统平台接口单独提交会诊申请资料并上传患者 PACS 影像到一线医师的移动影像智能终端系统,智能终端收到会诊申请后,一线医师对该疑难影像进行会诊并提出诊断意见。

### 4.4 院内影像诊断更加高效

移动终端影像信息系统可实现院内医学影像的互联互通,医师会诊地点不再局限于办公室,影像会诊也无需预约时间。在全院无线接入节点(Access Point, AP)覆盖情况下,该系统支持利用移动智能终端查看影像资料,实现临床病区的影像查房功能。此外还支持门诊、急诊等科室的影像调阅,以及在 5G/4G 移动网络环境下的影像资料调阅,确保出诊医生可以更加准确地对危急患者进行诊断治疗。医师和专家无论是否在院内都可通过 5G/4G 高速移动网络环境进行智能移动终端远程影像学诊断和会诊,确保在 AP 无法覆盖的范围内能够稳定地运用系统完成高效率的影像学诊断。

## 5 结语

近年来移动网络技术迅速发展, 标准不断迭代更新, 为数字交换和数字通信开辟了崭新领域。Web 技术和电子信息技术不断进步, 促进无线智能终端设备成本不断降低<sup>[8]</sup>, 并对医疗机构 PACS 提出新要求, 移动 PACS 普及成为可能, 受到国内外医疗信息工作者、医务人员的高度关注。基于无线移动通信协议、B/S 架构打造的移动影像信息系统, 顺应了电子信息技术、计算机网络技术与现代临床医学技术相结合的发展趋势, 满足了我国医疗诊断精准化和高效率等方面的需求。移动医学影像系统的应用突破了以往有线网络拓扑结构下诊断环境和设备的限制, 实现了真正意义上的无边界影像数据传输。但值得注意的是, 移动影像系统并不能完全取代传统 PC 终端影像系统, 其只是传统影像系统的辅助和延伸。随着 5G 技术乃至更高标准无线通信技术的不断发展以及智能终端的进步, 移动影像信息系统将实现更多功能并持续发展。

## 参考文献

- 1 王小龙. 移动互动平台融合综合教学在医学影像读片课程中的应用 [J]. 继续医学教育, 2020, 34 (10): 10-12.
- 2 胡昊, 廖伟雄. 移动 PACS 在医学影像教学中的应用研究 [J]. 中华医学教育探索杂志, 2020, 19 (7): 798-801.
- 3 张敏伟, 陈宁宁, 蒋可思, 等. 医学影像设备移动学习平台“影-X-器”的设计与开发 [J]. 健康必读, 2020 (17): 261.
- 4 黄娟, 黄小明. 移动 PDA 在放射科 RIS-PACS 系统工作流程中的应用分析 [J]. 计算机时代, 2020 (11): 47-49.
- 5 李玉明, 李真林, 余伟, 等. PACS 端与手机移动端相结合的智能化医学影像技术实习教育系统的研究 [J]. 中国医疗设备, 2020, 35 (10): 46-50.
- 6 杨立宇, 巴根, 杨礼庆, 等. 移动学习与 PACS 影像系统结合式教学在骨科临床实习中的应用与效果分析 [J]. 中国医学教育技术, 2017, 31 (1): 47-50.
- 7 张海波, 肖强, 刘晓辉, 等. 基于语音识别的智能移动查房系统的建设与应用中国卫生信息管理杂志, 2020, 17 (6): 799-803.
- 8 单金丽. 浅谈 PACS 的远程医学影像会诊系统的构建及应用 [J]. 信息记录材料, 2020, 21 (5): 66-67.

(上接第 66 页)

的安全性、隐私性、完整性与适用性、人性化与通用性是未来的重点工作。

## 参考文献

- 1 Zhai Y, Xu X, Chen B, et al. 5G Network-enabled Smart Ambulance: Architecture, Application, and Evaluation [J]. IEEE Network, 2021, 35 (1): 190-196.
- 2 Soomro A, Schmitt R. A Framework for Mobile Healthcare Applications over Heterogeneous Networks [C]. Columbia: 2011 IEEE 13th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services, 2011.
- 3 Pulsiri N, Vatananan-Thesenvitz R, Sirisamutr T, et al. Save Lives: A Review of Ambulance Technologies in Pre-Hospital Emergency Medical Services [C]. Portland: 2019 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), 2019.
- 4 Dohler M. 5G Networks, Haptic Codecs, and the Operating Theatre [M]. Cham: Springer, 2021.
- 5 Nayak S, Patgiri R. A Vision on Intelligent Medical Service for Emergency on 5G and 6G Communication Era [J]. EAI Endorsed Transactions on Internet of Things, 2020, 6 (22): 1-13.
- 6 Simsek M, Aijaz A, Dohler M, et al. 5G-Enabled Tactile Internet [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2016, 34 (3): 1.
- 7 Sun L, Jiang X, Ren H, et al. Edge-Cloud Computing and Artificial Intelligence in Internet of Medical Things: Architecture, Technology and Application [J]. IEEE Access, 2020 (8): 101079-101092.
- 8 Malasinghe L P, Ramzan N, Dahal K. Remote Patient Monitoring: A Comprehensive Study [J]. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2019 (1): 57-76.