

论图像存档与通信系统发展中的几个关键问题^{*}

鲍捷^a 高隽^b 余永强^c

近年来，特别是 90 年代中期以来，随着数字成像技术、数据库技术和计算机网络技术的飞速发展，医学影像领域出现了所谓医学图像存档与通信系统(picture archiving and communication systems, PACS)技术。它集医学图像获取、大容量数据存贮，图像显示和处理、数据库管理及用于传输影像的局域或广域网络等技术为一体，大大降低了医生对传统硬拷贝技术的依赖，达到更高效低价的观察、存储、管理、回溯和传送医学影像的效果，PACS 技术是进行全数字化影像诊断及其管理的重要基础。

近几年，我国的 PACS 事业也有了巨大的发展，已有众多厂家推出了自己的 PACS 产品。但目前国内所研制开发的 PACS 尚属于起步阶段，存在着不少问题，如：系统功能界定不清楚，没有针对成像部门的特点优化或过于特化于某种成像部门（如 CT），而远程通讯能力不足，等等。

PACS 的复杂性、高技术含量性和高投入性对其建设和维护提出了很高要求，中国的 PACS 发展只能走适合中国国情的道路。在设计实现中，应遵循阶段化发展、模块化结构等原则^[1]。耗资巨大的大型 PACS 在设计、安装、运行和维护方面的复杂性和高难度，严重制约了它的价值和效率。因此，现实、合理的 PACS 战略应当以各成像部门的特点划分 PACS 内若干亚系统，统筹规划通用模块和各亚系统模块，利用组件技术如 COM（组件对象模型）技术，实现一组密切集成协作的群件，这样就可以充分根据各亚系统特点进行优化，并可按 PACS 标准相对独立地逐步实现各期目标，同时也有利于软件模块的标准化和重用；同时亦有利于超越 C/S（客户机/服务器）结构，建立起面向 Internet 的真正的分布式医学影像信息系统。

一. PACS 系统的界定

PACS 系统是 1 个涉及多部门的复杂影像信息系统，其功能界定也随着实践的深入和技术的发展发生相应的变化。根据 PACS 的覆盖范围，可将其分为小、中、大 3 种类型^[2]。小型 PACS 面向影像科内部，中型 PACS 面向全院，大型的 PACS 面向院际或城市间。在这里，我们讨论的主要是大型 PACS 系统，但某些内容也适合于中小型的 PACS。

传统 PACS 的基本功能主要包括^[3]：

- (1) 存储胶片和影像设备图像及其相关信息；
- (2) 无胶片诊断；
- (3) 加强对重点胶片的管理；
- (4) 低成本存储、复制和管理；
- (5) 远程图像传输；
- (6) 图像处理；
- (7) 复合影像诊断；
- (8) 设备集群使用。

因此，完整的 PACS 系统至少应包括以下模块^[4]：

- (1) 医学图像获取；
- (2) 大容量数据存贮；
- (3) 图像显示和处理；

^{*} 本课题受国家自然科学基金（批准号 69805001）和安徽省自然科学基金（批准号 99043416）资助
作者单位：^{ab} 230009 合肥，合肥工业大学图像信息处理实验室；^c 230022 合肥，安徽医科大学第一附属医院放射科

- (4) 数据库管理;
- (5) 传输影像的局域或广域网络。

但在实践中, 1 个实际的 PACS 系统将不仅实现以上功能。从成像部门本身的业务特点来看, 影像信息的产生、采集、存储、处理、诊断、报告、传输是一个完整的过程, 客观要求集成统一的工作环境; 其次, 1 个完整的 PACS 系统不应该孤立于 HIS (医院信息系统) 之外, PACS 与 HIS 间有大量的通讯要求, 同时存在着双方可以共享的大量功能模块和数据, 因此 PACS 系统应当包括 HIS 接口。此外, 计算机辅助诊断在影像部门也具有重要意义。放射科和其他成像部门 (如内镜) 第 1 线的调查表明, 医生对辅助诊断具有迫切的需要。因此, 在 PACS 系统中集成计算机辅助诊断系统, 无疑具有广阔的市场前景。

综合我国当前 PACS 系统发展的现状, 可以认为, 1 个有实用意义的 PACS 系统还应该包括以下子系统 (其中有些内容可以作为可选项存在):

(1) 直观、友好、美观的信息导航系统。由于 PACS 系统中涉及的数据种类繁多、数据量极大, 因而应在用户界面上做精心设计, 力图使庞大的数据库信息一目了然, 简洁直观。用户界面应保证 1 个完整的工作流程而不必中断, 无须在多个程序界面间反复切换 (例如有些系统的采集模块和数据管理模块是分离的, 用不同的语言开发、有各自独立的用户界面, 使用时必须切换, 影响了工作的实时、流畅性)。可以采用树形信息导航、分组标签视图、快捷菜单、跳转按钮等方法尽可能地使用户感到信息有序、使用快捷。

(2) 计算机辅助医学影像学诊断报告系统。影像在采集、分析后, 系统应能智能化地生成图文并茂的报告。使用辅助报告系统, 将避免重复劳动、规范报告、提高效率^[5]。

(3) HIS 接口。应当与 HIS 共享病历信息、部门及医生信息、计费信息等, 避免在 HIS 外另起炉灶, 重新建设庞大的数据库。

(4) 针对特定疾病的图像分析系统或专家系统, 例如在消化性溃疡中应用黏膜血流分析^[6]、肺癌细胞的识别检测^[7]等。也可包括针对特定器官的图像增强算法, 如肺区的边缘识别、后肋的识别^[8]等。

(5) 三维重建可视化系统。某些成像部门存在三维重建问题, 如 CT、MRI、立体内镜等。三维重建可视化系统是另 1 种重要的辅助诊断工具。

(6) 智能辅助诊断手册系统。医学影像诊断是一项技术要求高、经验性强的工作, 要求掌握丰富的针对不同成像方法、不同患者、不同器官、不同疾病的诊断知识, 如果能在联机帮助系统的基础上集成智能化的信息提示、资料查询和参考手册, 将极大方便医生、特别是非资深医生的诊断工作。

(7) 特殊的检索方法。医学图像除了需要一般查询, 如根据病人姓名、医生姓名、就诊日期查询外, 还需要基于医学图像实体的形状、纹理、颜色、空间关系等进行查询, 这就是所谓基于图像内容的查询 (QBIC)^[9]。QBIC 是 PACS 数据库不同于普通数据库的关键所在。

(8) 外科手术等影像定位系统与路径显示系统。如德国 Howmedica Leibinger 公司的 STP3 系统包含自动手术治疗计划功能, 可根据病灶位置自动计算放射治疗方位、剂量等参数, 并给出建议报告。国内也见有关报道, 如华纳创信的 HCNET 系统。

二. PACS 系统的部门优化

1. 影像在医学诊断中具有极为重要的地位, 许多部门都会产生影像信息。可以被计算机处理的常见成像方式有^[8]:

- (1) 显微图像 (含普通光学显微镜, 专用光学显微镜, 电子显微镜等);
- (2) 普通 X 线摄影 (含投影像、摄片像等);
- (3) 数字胃肠机;
- (4) 计算机断层扫描 (含 X 线 CT、PET(正电子发射型 CT)、SPECT(单光子发射型 CT)、MRI 等);
- (5) 放射性同位素像(RI);
- (6) 体表图像 (含体表电位图、莫尔条纹像、热像等);
- (7) 数字 X 线摄影 (含 CR(计算机照相术), DR(数字化照相术)等);
- (8) 超声成像 (含彩色 B 型、黑白 B 型、M 型、多普勒超声图像);

- (9) 数字减影血管造影(DSA);
- (10) 内镜 (含纤维内镜, 电子内镜, 超声内镜等);
- (11) 胶片扫描 (含普通扫描, 胶片数字化仪扫描等)。

2. 如此众多的成像部门在信息管理上虽然具有相似点, 但均具有各自不同的特点, 大体上可从以下几点来说明:

(1) 成像机制不同。如显微图像采用光学成像, X 线采用 X 射线感光方法, 而对 PACS 系统而言 CT 可直接给出数字化图像, 在数据采集上具有很大的差异。特别是对模拟视频设备产生的图像, 需要采取一些特殊的采集方法来提高图像质量 (如设备本底信号的消除、交流噪声的抑制等)。

(2) 图像特征不同。如内镜观察的是消化道黏膜或其他器官内壁, CT 观察的是包含骨骼、肌肉、组织信息在内的断层像, 在形状、纹理、颜色上均具有很大的不同。

(3) 数据精度不同。电子内镜经数字化可获得 24 比特彩色图像, X 线检查只能获得 256 级灰度图像, 而 CT 扫描的灰度精度可达 2000 级。这样对图像显示和图像处理来说, 必然要采取不同的方法。在空间分辨率要求上各部门也不同。

(4) 辅助信息不同。CT 图像包含层厚、层距、层数等辅助信息, DICOM3.0 (医学数字图像传输) 标准格式图像本身包含患者姓名、年龄等信息, 对于 X 线图像则有电压、电流强度、曝光时间等参数, 在构造数据库和用户界面时必须考虑这些差异。

(5) 诊断重点不同。如 DSA 侧重于血管系统的研究, 显微图像侧重于细胞识别和微循环检测, 超声侧重于获取体内深部脏器的信息。

(6) 诊断方法不同。不同成像部门产生的图像均具有一套自身独特的判别和诊断方法, 每个部门均需要培训专业医师进行诊断, 因此图像增强和辅助诊断系统需要考虑这些特点, 不能过于笼统。

此外, 还有一些设备存在特有的处理方法, 如计算机断层扫描和立体内镜有三维重建问题, DICOM3.0 设备有回写问题等。

3. 现有的 PACS 系统对上述问题一般没有很好地考虑, 大体上存在以下问题:

(1) 没有针对成像特点优化。有的系统即使是对 CT 和超声这样差异极大的数据源也采用统一的处理和显示方法, 而实际上, 在开窗显示、图像标注、图像处理、辅助信息等各方面两者都难以统一, 不宜集成在一个界面下。另外, 虽然都是模拟视频采集, X 线图像和电子内镜图像也很不一样, 用一样的采集方法, 不进行优化是不妥的。

(2) 系统过于针对某特定成像部门。某些系统虽然称为 PACS 系统, 但过于针对某特定成像部门如 CT, 在数据库结构、界面构成等方面均过于特化, 这样的系统是很难满足 PACS 的扩展性和互连要求的。

(3) 开发了针对某特定成像部门的系列系统, 但相互间不能互连和信息共享。有些厂商已成功地开发了一系列针对某特定成像部门的图像采集、存储、处理系统, 但系统间互连性不好, 不能进行统一的数据管理。

4. 综上所述, 对各成像部门确实需要特定的优化, 其要点是:

(1) 针对成像部门, 从上述“成像机制”等各点出发, 进行专门优化将大大提高其工作效率, 提高工作的实用性。

(2) 优化不能以牺牲各子系统间的互连性和数据共享为代价, 系统应采取分布式数据库方式组建; 在存储时可针对各种图像的特点定义不同的存储格式, 但在库结构上必须是统一的。

(3) 优化后的模块可以拥有相对独立的用户界面, 但在界面风格、数据库连接等方面必须保持统一性。一些统一的算法如图像处理算法、标注方式, 应在各模块间重用, 但要根据成像部门的特点 (如像素的比特数) 做相应变化。

三. 强化远程通讯

传统的 PACS 系统中已包含了传输影像的局域或广域网络技术,但从我国目前推出的 PACS 系统来看,大部分尚不具备实用的远程医疗(telemedicine)功能。此外,随着近年来计算机广域网的高速发展,为医学影像的远程传输提供了良好的平台,也带来了新的要求。要在网上有效传输多媒体信息(不仅仅是图像,还包括文字、视频、语音),并实现实时交互(如“白板”交谈、语音交谈等),有必要强化 PACS 系统的网络接口,如集成以桌面视频会议系统为基础的专家会诊系统^[10]。

此外,为了使远程终端与本地终端一样可以实时访问采集或存储到的数据,系统应当提供分布式数据库服务。此外,应当保证远程终端不必购买一样的 PACS 系统也能通讯和浏览本地影像及文字信息。在系统设计初期,对于中小型 PACS 可以考虑采用 C/S(客户机/服务器)体制,但对于 Internet 应用来说,如果要求每 1 个客户端都购买 1 个客户端软件是不现实的,因此可以采用考虑分布式 Internet 应用结构(Distributed Internet Applications Architecture, DNA)。Windows DNA 以“表现层/事务逻辑层/数据服务层”三层体系结构为构架,并将 COM 概念应用于 Internet,利用 COM 组件对象在中间层进行服务,使 COM 组件的开发、测试和选择、使用明确分工,提高了系统的运行效率和安全性;系统的客户端可以基于浏览器的方式,而不必也购买系统,从而大大简化了实现。

四. PACS 系统的分期

对大多数医院来说,投资建设、维护大型 PACS 系统的技术难度太大,经济承受能力不足,因此有必要按阶段化实施的策略,首先在放射科范围建立小型的 PACS 系统,或在全院范围建立中型 PACS 系统,在时机成熟时再考虑建立大型 PACS 系统。阶段化实现的具体步骤可以根据实际情况确定,笔者提出 1 个一般性的策略:

(1) 小型期:实现 DICOM3.0 设备和常见模拟视频设备的数据采集;用局域网络互连核心部门,如 CT、MRI、X 射线机等;扫描录入;大容量数据存贮和备份;图像显示和处理;数据库管理,简单查询;辅助报表系统;信息导航系统。

(2) 中型期:建立 HIS 接口,与 HIS 共享数据;继续扩大连入的成像部门数,如内窥镜、显微图像、超声、DSA 室等;根据具体情况加入辅助医疗系统,如智能辅助诊断手册系统、针对特定病症的图像分析系统或专家系统等;允许本院的多个门诊部门实现分布式的数据存储和访问;组建院级影像中心。

(3) 大型期:实现远程通讯,允许实时视频信息、图像信息和其他信息的传输;系统涵盖本院各成像部门;高级辅助诊断和治疗系统,如特殊的检索方法、三维重建可视化系统、手术定位系统等。

在阶段化建设中,应统筹规划,合理设计,宁可开始时设计的时间要长一些,也不能因为设计失误导致前期和后期工程间发生不兼容现象。前期工程应充分考虑到系统的可扩展性,例如在小型期即使未建立 HIS 接口,也应尽量使有关数据结构与 HIS 已有内容相容,以保证升级的可能性和工作的连续性。

五. 组件式 PACS 系统

综上所述,笔者认为在我国的 PACS 发展中,应采用如下的发展战略:

- (1) 功能上的模块化,横向上针对各成像部门优化,纵向上根据工作流程对各功能模块优化。
- (2) 实践上的组件化,使用组件技术和 DNA 结构,实现灵活设计和分布式应用。
- (3) 建设上的阶段化,基于组件技术循序渐进分期实现。

根据此战略构思,笔者提出“组件式 PACS 系统”的概念^[13],其要点是:

(1) 功能级组件化,即将系统的各模块以 COM 组件的形式完成。基于组件的软件工程相对于传统开发方式具有极大的优点,如允许多厂商协同开发、重用性好、效率高、管理方便等,参见文献^[11]。

(2) 界面级组件化,即针对不同成像部门的特点设计的亚系统,如 X 线模块、CT 模块、内镜模块等,由于各子系统在图像成像机制、图像特征、数据精度、辅助信息、诊断重点、诊断方法等方面均有各自

不同的特点，应当针对各自特点设计相对独立的用户界面。这些相对独立的程序界面象一组“群件”，图像增强、病人管理、与 HIS 的接口这些通用模块应当以 COM 组件的方式在各子系统界面中被调用。在数据管理上，各亚系统间是统一的。

(3) 标准化。DICOM3.0 作为行业标准，是完整的 PACS 系统必须支持的。但在 PACS 系统中，具有 DICOM3.0 接口的成像设备的接入并非难点，大量的非数字成像设备和非 DICOM3 设备的采集数据如何与 DICOM3.0 标准统一则是一个不可忽视的问题。应当定义组件以实现 DICOM3 标准数据的采集、传输、回写和与非 DICOM3.0 标准数据的转化。

(4) 分布式。在 COM 的基础上，系统应充分考虑到网络时代对软件的分布式应用要求。传统的客户机/服务器两层结构可以满足一定的要求，但从 COM 组件开发方式和 Internet 发展的特点来看依照 Microsoft 的 DNA 的概念构造整个 PACS 解决方案将是 1 种更佳的选择。

(5) 开放结构。在 COM 的基础上，系统将具有良好的开放性，组件可以有机互连，甚至可以分布式连接。系统可以预留用户自定义接口或插件接口，同时发布相应的开发文档，使用户和其他厂商可以自主地为系统增加新的功能。

(6) 阶段实现。基于组件技术，阶段化发展战略很容易得到实现。在合理设计、预留接口的前提下，系统可以通过注册、连入新的组件来实现升级，不必中断当前业务。在组件的选择上，医院具有很大的灵活性，可以根据实际需要加以伸缩，进一步降低成本和风险。

基于上述设计思路，笔者已在“医用 X 线机数字图像处理”项目中完成 PACS 系统的系统设计和 X 线成像优化模块 (XPACS)^[13]，实践证明系统具有良好的可扩充性，且符合医生的工作习惯，辅助诊断工具丰富，获得了一些专家的好评。

参考文献

- 1 缪竞陶,陶勇浩,周翔平,等. 放射科 DICOM 标准的 PACS 的设计与实现. 中华放射学杂志,1998,32:564-567.
- 2 赵喜平,郑崇勋 吕娟,等. PACS、远程放射学及其与国际互联网的关系. 中国医学影像学杂志,1998,6:65-67.
- 3 毕亚雷,赵廷,尹宏,等. 试论 PACS 系统. 中国医学影像技术,1997,13:368-369.
- 4 赵喜平 郑崇勋 毛松寿. PACS 的发展趋势. 中华放射学杂志,1998,32:5-7.
- 5 李传富,宋宝珠,唐业斌,等. 影像诊断数据智能化管理程序的设计及其价值评估. 中华放射学杂志,1999,33:136-138.
- 6 毕春山,刘宾,刘海一,等. 消化道粘膜血流的图像处理. 中华消化内镜杂志,1999,16:61-62.
- 7 冒宇清,李宁,陆新泉,等. 肺癌早期诊断系统中形态学识别的研究与实现. 计算机工程,1999,25:21-23.
- 8 吕维雪,编. 医学图像处理. 北京:高等教育出版社,1989.199-205.
- 9 徐晖 廖孟扬. 医学图像数据库中基于图像内容查询的研究. 计算机工程与应用,1999,(1):52-54.
- 10 夏峰,盛焕焯,赵家骛. 上海医科大学“远程医疗系统”模型的建立和研究. 软件学报,1998,9:222-226.
- 11 夏长虹,尹绯,陈文博. 组件对象模型 Web 开发的软件工程方法. 计算机世界,1999,(38):C5-C7.
- 12 鲍捷,高隽,刘宏伟,等. 基于 NSP 的医用 X 射线数字图像处理系统. 第五届全国计算机应用学术会议论文集,北京:电子工业出版社,1999:1.79-1.82.
- 13 鲍捷,高隽,张旭东,等. 面向 Internet 的组件式 PACS 系统设计. 计算机工程(已录用,2000年9月发表).