

实现医学影象存档和传输系统中的若干关键技术

贾克斌 沈波

(北京工业大学信号与信息处理研究室, 北京 100022)

摘要 PACS的重要性已被人们所认识,并且其技术在近15a中得到了迅速发展.但是,实现PACS仍然还有很多问题有待于解决.该文通过大量有关文献研究,指出并分析了实现PACS过程中涉及到的关键技术,特别是对国际医学影象通信标准的内容进行了介绍;讨论了系统中有关影象存档和处理显示功能的软件设计方法;分析了常用的大容量影象数据存储方式,并给出了国内目前可行的解决方案.最后指出,为了跟上国际医学信息技术的发展潮流,必须要研究和掌握PACS的关键技术,特别是应尽快地研究和制定医学影象的通信和存储标准.在目前的条件下,可以先研究和建立小型的PACS,等条件成熟时,再建立大型和实用的PACS.

关键词 医学影象 标准 影象传输系统 关键技术

中图法分类号: TP319:R445 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2000)07-0539-06

The Key Technologies in Realization of PACS

JIA Ke-bin, SHEN Bo

(Laboratory of Signal & Information Processing, Beijing Polytechnic University, Beijing 100022)

Abstract The importance of PACS has been recognized and progress of its technologies has rapid speed for the past 15 years. The Implementation of PACS still has many technical problems to solve. In this paper, firstly, the key technologies of PACS are presented and analyzed. Secondly, the standardization of Digital Imaging and Communications in Medicine of ACR/NEMA DICOM 3.0 is described. Thirdly, Some software functions in image archiving, processing and display are discussed. Fourthly, a scheme for saving large data of medical imaging is proposed. Finally, the paper points out that in order to follow the stream of medical information, it is necessary to study and master the key technologies of PACS. It should to study and establish the standard for communication and store of medical image. In present condition, it should to study and set up small PACS. And large PACS will be established when there are mature conditions.

Keywords Medical image, Standardization, Image communication system, Key technologies

0 引言

随着信息技术的飞速发展和计算机应用水平的不断提高,面向医疗系统的新一代信息系统已由过去单纯的医院信息系统(Hospital Information System, HIS)、放射信息系统(Radiological Information System, RIS)等事务管理的模式,发展成为面向医疗服务,集成病人信息、医学影象信息和

医疗管理信息的综合化医院管理信息系统.而医学影象存档和传输系统(Picture Archiving and Communication System, PACS)则是综合化医院管理信息中的一个重要组成部分,它代表着目前医疗信息系统应用的最高水平,也是今后很长一个时期内应重点研究和建设的项目.

PACS名称是在1984年召开的第一届国际PACS和个人健康数据(Personal Health Data, PHD)会议上正式提出的.它是指将医院内的各类X

光、CT、核磁共振(Magnetic Resonance Imaging, MRI)以及超声等医学影象数字化以后,输入到计算机进行分类归档存储,并通过计算机网络进行快速传输,使医院内有关科室和部门能够进行医学影象信息的共享.在显示过程中,应使影象以高质量的方式呈现给终端用户.同时,通过远程网络的传输进行远程医疗服务,使得医学影象信息得到最大程度的利用.由此可见,发展 PACS 的最终目的就是要有效地提高医学影象诊断的精确度和工作效率.另外,由于采用了高科技的数字存储设备来替代传统的以胶片为媒介的存储方式,从而极大地提高了影象查询检索速度,降低了人工劳动和成本.因此,这样的系统,对于医院提高综合诊断水平,提供优质医疗服务,推动医学研究和教学水平的进步具有十分积极的意义^[1,2].

西方发达国家从 80 年代初就认识到 PACS 在医疗诊断和治疗过程中所处的重要地位,并着手研究该系统中涉及到的大容量影象存储、图象质量、图象传输速度以及影象通信和存储格式的标准等关键技术^[3].从 80 年代中期至今的 20 年间,PACS 技术的研究取得了令人瞩目的成果.此外,计算机性能价格比的大幅度提高以及大容量数字存储产品、高分辨率显示器的出现,也极大地促进了 PACS 的发展.90 年代初期,美国和欧洲等发达国家已有很多 PACS 在医院投入实际应用,仅在日本,截止到 1995 年底已有规模大小不同的近 300 套 PACS 用于研究和应用.此外,在新加坡、台湾和南朝鲜也都有相应的系统投入运行^[4,5].目前,很多放射影象设备制造厂家都已介入该系统的研制,PACS 必将在 21 世纪的医疗和健康保健事业中发挥重要作用.

根据 PACS 的覆盖范围,可将其分为小、中、大 3 种类型^[4,5].其中,小型 PACS 是指影象学科范围内(departmental)的 PACS;中型系统指面向全院的(hospital-wide) PACS,即除了影象科室外,它还给相关科室提供影象服务;而院际的或城市间的(interhospital or inter-city) PACS 称为异地 PACS 或大型 PACS.美国、日本等发达国家对 PACS 的研究和应用大都是从小中型系统开始起步的^[4,6].

由于经费的限制和若干关键技术没有得到解决,特别是有关配套的法规制度不健全,使得国内 PACS 的研究和应用仍然处于摸索和起步阶段.例如,我国医院目前仍然使用胶片来浏览和保存影象资料.因此,我国急待开发和应用该技术,而开展

PACS 关键技术的研究,则有利于了解和掌握国际上多媒体信息技术在医学界最新的应用动态和成果,从而可促进开发适合我国国情的 PACS,并缩短我国医疗信息技术和国外的差距.

1 关键技术

近年来,随着计算机性能的大幅度提高以及高速通信网络的迅速发展,计算机计算能力和网络通信速度对 PACS 已有足够的支持能力,但 PACS 仍存在不少问题,目前影响其功能和性能的主要因素^[6,7]可以归纳如下:

(1) 存储介质 包括存储容量和影响到 PACS 影象存取能力的存取速度;

(2) 数据获取 指从各种影象诊断设备(如 X 光机、CT、MRI 等)中获取数字影象的方法,它关系到 PACS 的实用性;

(3) 显示 高质量的显示设备是构成高性能 PACS 的必要部分;

(4) 影象数据的压缩 影象传输速度和存储能力都依赖于对影象数据的压缩;

(5) 人机界面和软件 智能化的人机界面可以提高人机交互的友好性.此外,系统还应具有大量高效的支持影象快速传输和存档管理的软件包.这些是传统的软件技术所不具备的;

(6) 标准 为了便于影象信息共享和交流,必须要制定影象通信接口标准和影象文件存储格式的标准;

(7) 系统集成 PACS 最终要和 RIS、HIS 及远程放射医学等其它系统相连,这涉及到先进的系统集成技术.

影象数据的获取可采用下面几种方法:(1)通过专业用扫描仪将医学影象数字化;(2)用静态数字摄象机采集高分辨率的影象(如远程病理图象)或通过视频数字化装置和模拟视频装置(如视频摄象机、超声波图象装置或内窥镜)的组合应用获得数字影象;(3)目前国外的医疗影象设备如 CT、MRI 等绝大多数都带有标准的数字接口,可以从中导出 MRI、CT、X 光等的数字图象.特别值得指出的是,在 PACS 应用中,对影象的质量有很高的要求,其典型的影象分辨率值为 $2\ 048 \times 2\ 048$ 象素,甚至更高,同时影象的深度要达到 12~16bit(即 4 096~65 536 灰度级).而且,无论采用哪种方式采集影象数据,都

要确保其质量达到应用要求。

对用于 PACS 影像显示的显示器的亮度、分辨率也有很高的要求,如加州大学洛杉矶分校医学院放射学系通过实验指出,观察气胸和肺间质异常或骨骼的细微裂纹,需要几何分辨率为 $4\ 096 \times 4\ 096$ 像素,12bit 深度(4 096灰度级)的数字监视器;而要在乳房片上,发现微钙化灶簇或对比度低的乳腺肿瘤则要求每帧分辨率高达 $6\ 144 \times 6\ 144$ 像素,12bit 深度的数字显示点阵,这是一般工作站像 HIS 等中的显示器无法替代的。国外已有分辨率达到 $1.7k \times 2.0k$ 像素、 $1.7k \times 2.3k$ 像素或 $2.0k \times 2.5k$ 像素,光通量达到 50、100、150fL,甚至更高的专门用于医学影像的数字显示器。但是这类显示器的价格是很昂贵的,对于应用于 500 张以上床位的 PACS 来说,仅仅是显示器的投资就要占到总费用的 60~70%^[7],这将使得整个 PACS 的造价很高。但随着显示器制造工艺的不断提高和新技术的广泛使用,相信适合于医学影像显示的较便宜显示器会在不久的将来出现。

影像压缩技术在 PACS 中占有重要的地位,因为影像经过压缩可以显著减少对传输带宽和存储容量的需求,目前 JPEG 压缩标准已广泛地应用于 PACS 中。PACS 在最初的应用中,考虑到医学影像对质量有特殊要求和法律的原因,一般采用无损压缩技术,其压缩比可以达到 1:2 至 1:4。现在已采用了感兴趣区(Region of Interest, ROI)技术以及其它方法,在保证影像主观质量的同时,其压缩比平均达到了 1:10,甚至更高。目前开展的工作主要是针对不同影像种类或病理组织区域,优化压缩算法中的变量和参数,在保证质量的前提下达到最大的压缩比^[8,9]。

软件和系统集成涉及到系统结构的设计、人机交互界面和功能模块的开发,以及与其它系统接口的设计等内容。可以预见,PACS、HIS 及 RIS 最终将完全融合在一起,并且,远程放射学(teleradiology)将成为 PACS 的一个组成部分^[10]。因此,PACS 的设计应具有容错能力和扩展能力,并要保证新的设备可以“无缝”地组合到新的系统中^[11,12]。为了保证系统的传输性能和交互性,故支持标准的通信协议是至关重要的。目前,ATM 或 ISDN 是 PACS 理想的通信平台,但为了适应我国的国情和 Internet 网络的广泛应用,还要考虑在 PSTN 和 Internet 上的影像传输。无疑,软件和系统集成技术直接关系到系统的成败及其生命力,而解

决上述问题和进行系统的设计、软件功能模块的开发,需要花费大量的人力和时间。

2 影像的通信和存储格式标准

PACS 是一个基于网络通信的开放式系统,为了顺利实现影像信息的共享和交互,必须制定通信接口和数据存储格式的标准,而且要求医学影像设备生产厂家和销售商都必须遵循该标准。

美国放射学会(American College of Radiology, ACR)和美国国家电器制造商协会(National Electrical Manufacturers Association, NEMA)联合制定了标准 ACR/NEMA DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) 3.0,其主要目标是为了在各种医疗影像产品之间提供一致性接口,以使设备之间能实现互操作。该标准规定了接口的硬件和软件规范,以便使各种医学影像产品可以通过网络互联,并相互交换数据和共享硬件资源^[1]。目前国际上,美欧等主要的医疗设备生产厂家的 PACS 都采用该标准作为医学影像设备互操作接口及医学影像数字接口,它已成为事实上的国际标准^[13,14]。日本放射工业协会也采用该标准,并稍做修改形成了自己的医学影像存储和传输标准 IS&C (Image Save and Carry)。该标准于 1994 年被日本政府公共健康和福利事业部在法律上所认可(称为普通标准 2),作为除胶片之外的电子归档标准^[6]。

ACR/NEMA 协会从 1985 年正式推出第一个标准开始,到 1995 年的 DICOM 3.0,已经过了两个版本的修改和扩充。DICOM 3.0 由 13 个部分组成^[15]: (1) 引言; (2) 一致性; (3) 信息对象定义; (4) 服务类定义; (5) 数据结构和语义; (6) 数据元素列表和打印; (7) 消息交换协议; (8) 消息交换的网络支持; (9) 点对点的支持; (10) 媒体存储和文件结构; (11) 媒体存储应用介绍; (12) 媒体格式及物理媒体; (13) 点对点打印管理。

DICOM 采用了面向对象的数据定义方法,定义了很多信息对象(information objects)、服务类(service classes)、作用(roles),并采用实体-关系模型来表明工作环境中各种实体间的关系。图 1 显示了 DICOM 的信息模型,它清楚地表明了放射科工作中各种实体间的关系。

DICOM 的信息对象和应用类可集成为数据集

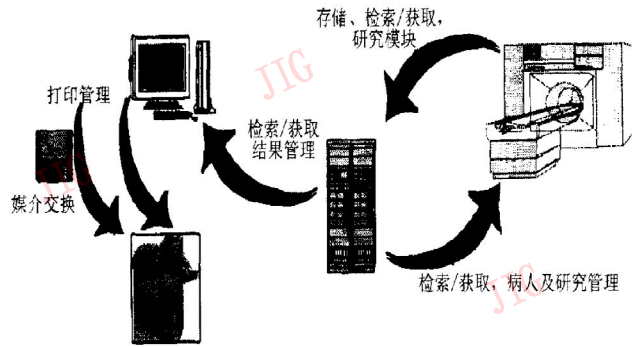


图1 DICOM 的信息模型

合, 然后可对此数据集进行编码以便于通信(详见在第五节).

DICOM 的网络通信协议将 ISO 组织开放系统的互联 OSI 参考模型中的 7 层模型和 TCP/IP 协议相结合. 图 2 是该模型的结构图. 由此可见, DICOM 不仅支持点对点通信, 而且从更广泛的意义上支持网络连接, 使 DICOM 的信息可以在广域网上传播. 由此带来的好处是多方面的, 如可以对设备进行远程诊断调试, 远程医疗咨询和诊断, 实现与 RIS 和 HIS 的无缝连接等. 在 DICOM 3.0 标准的第(7)、(8)、(9)部分对此内容有更详细的介绍.

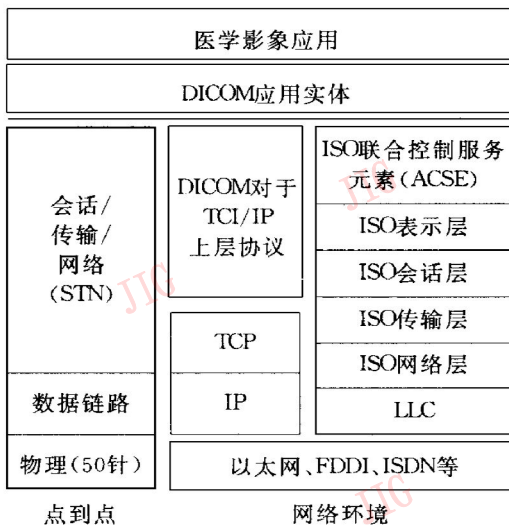


图2 DICOM的网络模型

由于医学影像信息不仅要在专门医疗设备上使用, 也需要在计算机上进行分析 and 处理, 因此, DICOM 的第(10)、(11)、(12)部分还定义了数据交换所需的媒体和交换文件的格式.

DICOM 3.0 标准的推出, 对放射医学数字化的发展产生了重要影响. 它的引进对 PACS 的推广起了最重要的作用^[7]. 目前, 国内从事 PACS 研究和开发的单位大多也以 DICOM 3.0 作为医学影像通信和存储的标准. 因此我国应参照 DICOM 3.0, 尽快

制定相应的标准, 同时应考虑从法律上进行确认, 以促进我国自己 PACS 的发展.

3 影像存档及影像处理软件功能

若 PACS 具有功能完善、操作界面友好的软件支持, 则 PACS 更容易被用户认可和接受. 其影像存档功能及影像处理应尽可能满足实际应用的需求, 提供的用户界面也应达到操作灵活、各种功能完备及交互性好的要求. 一般应有如下功能:

3.1 影像数据字典

对于医院而言, 它直接面对的是病人和影像两个实体, 而且它们是一对多的关系. 在进行影像归档管理时, 设计的影像数据可用下面两个数据表来描述:

病人 = { 影像号、病人姓名、住院号、年龄、性别、封查标志、借阅标志 }

影像 = { 影像号、影像类别、图象序号、诊断部位、病种、诊断意见、医生签名、照片日期、影像文件指针 }.

上述两个表可通过影像号进行关联, 其中第一个表中的封查标志是用于发生医疗纠纷时, 禁止对影像信息的浏览和借阅. 这里假定影像数据是以指针形式存放在影像库中的. 另外, 为了归档管理的需要, 还应建立相应的影像借阅、病种类别、诊断部位、特征属性, 甚至统计核算数据表.

3.2 影像存档管理功能

影像存档管理功能应包括影像信息输入、影像辅助信息录入、查询及报表打印、影像借阅管理、统计核算及系统的安全及维护等模块. 其中, 影像信息输入模块包括医疗设备专用数据接口导入、扫描仪或网络等输入驱动程序包, 其目的是根据不同的方式高质量地将影像以数字形式输入到计算机的影像数据库中; 而影像辅助信息录入模块主要用于将病

人的各种描述信息、诊断部位、病种以及医生的诊断意见、医生的签名等输入计算机; 查询及打印模块则主要完成各种查询和打印操作, 它既要具有一般的按影象号(或住院号)、病人姓名、病种、诊断部位、日期等关键词进行查询的功能, 还应有按形状、轮廓等特征值实现的特殊查询功能, 这需要在图象处理中有目标识别和相似性测量算法模块的支持. 另外, 系统还要具有既保证能查询本地服务器中的影象信息, 同时也具有访问远程服务器中影象数据的功能.

3.3 影象的处理功能

系统应具有能完成影象的平滑、边缘增强、直方图均衡及各种影象数据格式转换、三维重建等常用图象处理功能.

3.4 影象的显示操作功能

为了给使用 PACS 终端的医生提供操作灵活, 功能完善的工具, 其必须要具有一些特殊的图象处理和显示功能. 例如, 要有全幅影象浏览、ROI 区域的无级放大和缩小、影象的旋转和翻转、亮度调节、加窗显示及窗口调节等功能.

由于医学影象具有较大的动态范围, 其像素深度通常不低于 4 096 灰度级, 而一般显示器很难提供如此高的动态范围, 即难以直接显示影象的全部灰度信息. 因此系统还需具有增强显示功能, 而系统中的加窗显示就是一种增强功能. 加窗显示功能就是将象素数字变化全动态中的一部分对应到显示亮度变化的全范围, 这相当于加了一个显示窗口. 这样, 对于影象的重要区域, 观察者可以通过调节窗口的中心位置和宽度, 使影象的各个细节得以充分的显示, 以增强显示效果.

4 大容量影象数据存储解决方案

使用胶片保存和管理影象资料存在着诸多弊端, 如胶片成本高; 档案原件容易受损变质; 存储档案占用空间大; 手工归档使得查询、使用都不方便, 致使病人信息无法汇集起来供医生参考和决策等. 因此, PACS 要求医学影象必须经数字化后存放在计算机里, 最终实现无胶片方式的计算机存档管理. 由于影象的信息量很大, 因此如何解决大容量的医学影象存储问题一直是 PACS 面临的诸多挑战之一. 可以说, 从 PACS 诞生的那天起, 人们就致力于探索最经济、最可靠的图象存储方式, 而且始终得益于计算机存储技术的发展^[15].

PACS 的存储方案应满足两种需求, 第一是针对短期存储, 它要求查询等操作速度快, 并且能够快速传输影象; 第二是针对大量影象数据长期归档的存储, 则要求存储周期长(50a 以上)、可靠性高、查询使用方便, 并且存储设备价格较低. 据此要求, 国际上一般采取分层存储策略来满足 PACS 的存储要求, 即将 PACS 的影象存储设备划分为高速内存、在线硬盘库、在线式后备库、离线存储介质等不同层次, 根据影象使用的频度和轻重缓急将其分别存放在不同的存储层次中.

目前, 存储设备主要有硬盘、磁盘阵列、光盘、软盘、磁带机和磁光(Magneto Optical, MO) 盘几类. 国外 PACS 中常采用磁盘阵列作为短期影象存储设备, 而多用 MO 盘库作为长期存储设备^[16]. 目前国内市场上都有这两种产品, 并且价格也可以接受, 因而可以根据 PACS 的实际需求, 选择不同性能和不同规格的产品, 来设计自己的存储方案.

磁盘阵列, 也称为廉价冗余磁盘阵列(Redundant Array of Inexpensive Disk, RAID) 技术, RAID 就是把多个磁盘驱动器连接在一起协同工作, 由一个控制器管理, 它是通过磁盘之间使用镜象或数据分割及奇偶校验的方案, 来实现一种容错水准, 因而它允许将数据分割存储于多个硬盘中, 并且, 当一个硬盘丢失数据时, 还可以顺利恢复, 这样就将其可靠性提高到接近无错的境界. 因此, 它具有高速度、大容量、安全可靠等特点. 对于短期需要频繁存取的大容量影象数据来说, 磁盘阵列是较佳的存储设备.

MO 产品问世较早, 1992 年即有商品化产品出现, 是国际上大量使用的存储工具. 近年来, MO 的容量越来越大, 读取速度越来越快. 它的显著优点是: (1) 高可靠性. 一个 MO 盘有 100a 的存储寿命, 它对 X 光、灰尘、潮湿、振动及磁场均不敏感, 因此它对各种环境, 尤其是恶劣环境有较强的适应性. MO 盘片几乎可以进行无限次的、无数据丢失的读写; (2) 大容量. 每张盘片的容量可达 5.2GB, MO 盘库根据不同的需求可有不同的规模, 存储容量从几十个 GB 到 1TB 以上; (3) 高性能/价格比的存储介质. MO 盘的存取速度几乎接近硬盘的速度, 而且 MO 盘库的使用介质是可拆卸的, 即 MO 盘库装满时可以更换, 可使库的容量达到无限大. MO 盘库的价格虽然稍高, 但其存储介质 MO 盘片的价格相对却很低.

综上所述,国内大容量的医学影像存储解决方案可以采用 RAID 作为在线硬盘,存放近期常用的影像数据,而用 MO 盘库作为在线式后备库,存放需要长期保存的影像数据,而不常使用的盘片可移出盘库,贴上标签后另外存放,并且离线介质的容量是不受限制的.对于中等规模的医院而言,可选用 80GB 或 160GB 的 MO 盘库作为存储设备,它可管理 80GB 或 160GB 的在线容量,因而完全可以满足医院信息管理的需要.

5 结束语

目前,在我国有很多公司和单位都在研制自己的 PACS,但是 PACS 中的很多关键技术问题仍然有待于深入研究和进一步解决,象如何高质量地显示影像、设计具有容错能力和开放体系结构的 PACS 等这些问题都没有得到很好地解决.特别是我们国家目前还没有建立自己的医学影像传输和存储标准,数字影像没有从法律上得到认可,这些都极大地限制了 PACS 的发展.

PACS 代表了当今放射医学信息高速公路的发展潮流,虽然开发 PACS 需要投入大量的资金,而其产生的效益又不是直接可见的,但是从长远考虑和跟上世界上医学信息技术发展的潮流,必须要研究和掌握 PACS 的关键技术.在目前的条件下,完全可以按照日本发展 PACS 初期所走过的路,研究和建立小型的 PACS,等条件成熟时,再建立大型和实用的 PACS.

参考文献

- 1 Carrino J A, Unkel P J, Miller I D. Large-scale PACS implementation. *Journal of Digital Imaging*, 1998, 11(3): 3~ 7.
- 2 Reiner B I, Siegel E L, Hooper F *et al.* Impact of filmless imaging on the frequency of clinician review of radiology images. *Journal of Digital Imaging*, 1998, 11(3): 149~ 150.
- 3 Cahill P T, Vullo T. Picture archiving and communications systems: status, problems, and needs. *Information Display*, 1996, 12(12): 36~ 39.
- 4 Rabbit O. Current view on the functionalitis of PACS. *Int J Biomed Comput*, 1992, 30(2): 193~ 199.
- 5 赵喜平, 郑崇勋, 毛松寿. PACS 的发展趋势. *中华放射学杂志*, 1998, 32(1): 1~ 4.
- 6 Inamura K, Kondo H, Takeda H. Development and operation of PACS/teleradiology in Japan. *IEEE Commun Mag*, 1996, 34(7): 46~ 51.

- 7 Tsiknakis M, Katenakis D, Orphanoudakis S. Intelligent image management in a distributed PACS and telemedicine environment. *IEEE Commun Mag*, 1996, 34(7): 36~ 45.
- 8 Parisi S B, Mogel G T, Dominguez R *et al.* The effect of 10/1 compression and soft copy interpretation on the chest radiographs of premature neonates with reference to their possible application in teleradiology. *European Radiology*, 1998, 8(1): 141~ 143.
- 9 Prett H M, Langlotz C P, Feingold E R *et al.* Incremental cost of department-wide implementation of a PACS and computed radiography. *Radiology*, 1998, 206(1): 245~ 252.
- 10 Lepointe H D. Teleradiology. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 1998, 52(2): 64~ 68.
- 11 Lymberopoulos D C, Spiropoulos K V, Anastassopoulos G C *et al.* ELPIDA: a general architecture for medical imaging systems supporting telemedicine applications. *Journal of Electronic Imaging*, 1995, 4(1): 84~ 97.
- 12 Behlen F. A dicom document-oriented approach to PACS infrastructure. *Journal of Digital Imaging*, 1998, 11(3): 35~ 38.
- 13 Kuzmak P M, Dayhoff R E. Integration of imaging functionality into the health-care enterprise using dicom. *Journal of Digital Imaging*, 1998, 11(3): 67~ 70.
- 14 Gibaud B, Garfagni H, Aubry F *et al.* Standardization in the field of medical image management—the contribution of the mimosa model. *IEEE Transaction in Medical Imaging*, 1998, 17(1): 62~ 73.
- 15 DICOM-Digital Imaging and Communications in Medicine, <http://www.arc.org>.
- 16 Andriole K P, Gould R G, Avrin D E *et al.* Continuing quality improvement procedures for a clinical PACS. *Journal of Digital Imaging*, 1998, 11(3): 111~ 114.



贾克斌 1962年生,博士,副研究员.1998年获中国科技大学信号与信息处理专业工学博士学位.主要研究领域为图象内容查询、多媒体数据库和计算机网络关键技术.曾获省级科技进步二等奖一项,发表学术论文21篇.



沈波 1972年生,学士,工程师.现为北京工业大学信号与信息处理研究室硕士研究生.主要研究领域为医学图象处理,发表学术论文3篇.