

上海理工大学“精品本科”系列教材

PACS

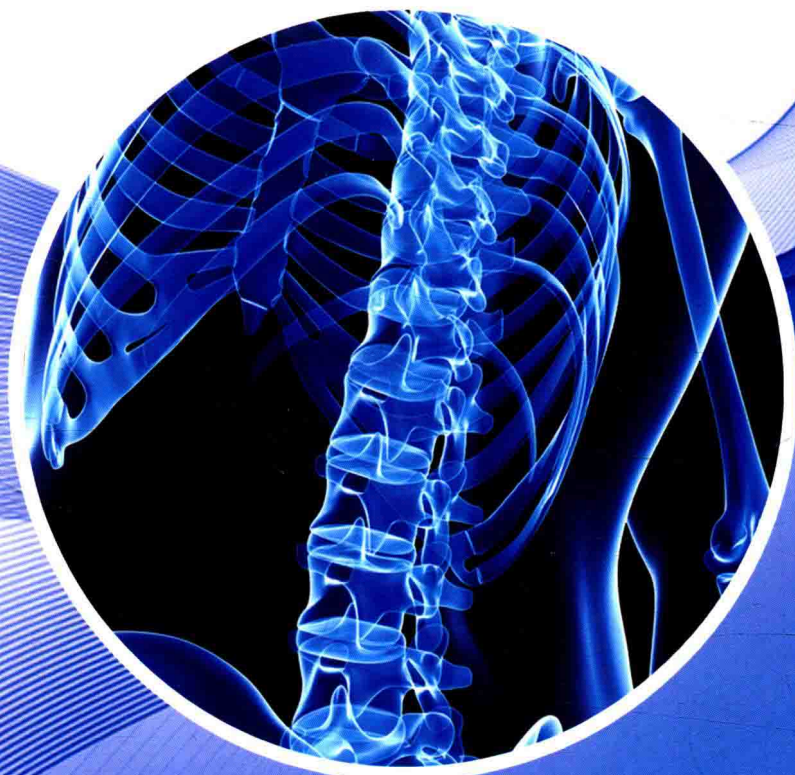
YIXUE YINGXIANG CUNDANG
YU TONGXUN XITONG

PACS:

医学影像存档与通讯系统

陈兆学 · 主 编

郑建立 聂生东 · 副主编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

上海理工大学“精品本科”系列教材

PACS:医学影像存档与通讯系统

陈兆学 主 编
郑建立 聂生东 副主编

 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

图书在版编目(CIP)数据

PACS:医学影像存档与通讯系统 / 陈兆学主编. —
南京:东南大学出版社,2016.8

ISBN 978-7-5641-6564-2

I. ①P… II. ①陈… III. ①数字技术-应用-医学
摄影-研究 IV. ①R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 129734 号

PACS:医学影像存档与通讯系统

出版发行 东南大学出版社
出 版 人 江建中
社 址 南京市四牌楼 2 号
邮 编 210096
网 址 <http://www.seupress.com>
经 销 全国各地新华书店
印 刷 南京工大印务有限公司
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 13
字 数 320 千字
版 次 2016 年 8 月第 1 版
印 次 2016 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5641-6564-2
定 价 38.00 元

* 本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系,电话:025-83791830。

前 言

PACS 是放射学、影像医学、数字化图像技术、计算机技术及通信技术交叉结合的产物,它将医学图像转化为数字形式,通过高速计算设备及通讯网络,完成对图像信息的采集、存储、管理、处理及传输等功能,使得图像资料得以有效管理和充分利用。本教材详细地介绍了 PACS 的基本知识和相关医学图像处理和计算机技术的最新知识,尤其对 DICOM 3.0 标准作了较为系统的介绍。通过本教材可使得学生对 PACS 系统及其相关技术有一个系统而全面的了解和把握。由于其多学科交叉和融合的特点,本教材可为学生毕业后从事医学影像设备的设计、医学信息处理平台的研制和开发打下必要的基础,同时其跨学科特点又非常有助于学生对所学各类知识的综合与消化,有助于其知识素质的提高。因此本教材可以作为影像和医学信息工程类专业本科或大专生 PACS 课程的基本教材,也可作为从事 PACS 研发和维护等专业技术人员的参考书。

作为一门跨学科的综合性很强的课程,PACS 尚没有难度适中、内容繁简得当、适于医学影像技术专业本专科生培养的教材可资使用,网上能够查到的参考资料庞杂,术语翻译和表达难以统一,不利于 PACS 教学和相关知识的传播与交流。本教材在总结多年教学经验基础上,在上海理工大学“精品本科”系列教材建设项目资助下,综合既有相关课程教学资料,并适当补充一些最新行业相关内容基础上编写而成,具有鲜明的时代特色和良好的课程教学适用性。由于作者水平有限,本教材编写和内容组织定有不少不当和不足之处,请各位读者不吝指正。

编者

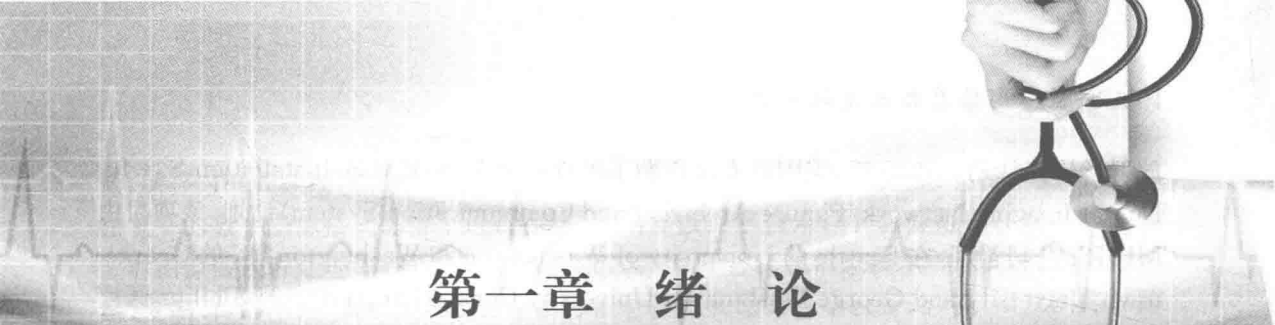
2015 年 12 月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 PACS 的概念的形成、结构和分类	1
1.2 PACS 的发展历史	4
1.3 PACS 有关的信息系统、协议与规范	6
1.4 PACS 国内外研究现状与分析	8
1.5 PACS 的经济和社会效益分析	9
第二章 PACS 中医学图像表达与显示	12
2.1 医学成像模式的多样性及影像分辨率要求	12
2.2 医学图像的窗宽窗位调节	14
2.3 PACS 和 DICOM 图像信息基本组织结构	15
2.4 PACS 医学图像一致性表示	17
第三章 PACS 中的图像压缩技术	22
3.1 图像压缩编码方法及分类	23
3.2 图像编码的评价标准与图像质量和编码效率的评价	24
3.3 常见的图像编码方式	25
3.3.1 统计编码	26
3.3.2 预测编码	28
3.3.3 变换编码	29
3.4 PACS 常用的图像压缩标准简介	32
3.4.1 JPEG 标准	33
3.4.2 JPEG 2000 概述	36
第四章 数字医学成像和通信标准——DICOM 3.0	40
4.1 DICOM 标准的发展历史	41
4.2 DICOM 3.0 的数据集、传输语法和 UID	44

4.2.1	DICOM 数据元素和数据集	44
4.2.2	传输语法和唯一标识符 UID	48
4.3	DICOM 3.0 的思想、模型和相关术语	50
4.3.1	实体-关系模型和信息对象定义	50
4.3.2	C/S 模式和服务对象对类	55
4.4	DICOM 网络通讯模型和应用层服务元素	63
4.4.1	DICOM 的协议结构模型与 DICOM 接口	63
4.4.2	DICOM 上层协议和通讯过程	65
4.4.3	DICOM 消息与 DIMSE 消息交换服务过程	70
4.5	DICOM 3.0 的组成	79
4.6	DICOM 文件	86
4.6.1	DICOM 文件组成与格式	86
4.6.2	DICOM 文件的解读、构建和 DICOM 应用开发	92
第五章 PACS 存储系统与技术		95
5.1	PACS 常用存储介质与接口技术	95
5.1.1	PACS 常用存储介质和接口技术	96
5.1.2	冗余磁盘阵列及其种类	98
5.2	存储系统数据组织和应用方式	102
5.3	PACS 存储架构、数据保存与存储产品选择	105
5.3.1	PACS 分级存储架构	105
5.3.2	存储产品的选择标准	107
5.4	PACS 存储发展新动向	109
第六章 PACS 系统分析与设计		112
6.1	PACS 系统设计的基本原则	112
6.2	PACS 体系结构模式及其比较分析	114
6.3	PACS 系统设计基本支撑技术	117
6.3.1	分布对象技术	117
6.3.2	负载均衡技术	119
6.3.3	XML 技术	122
6.3.4	PACS 系统平台和数据库技术	126

6.4	PACS 控制器功能及设计	131
6.5	PACS 可靠性保障框架体系的设计	136
6.5.1	网络和服务器可靠性保障框架	137
6.5.2	数据可靠性保障框架	138
6.5.3	数据保护方案设计	140
6.6	PACS 的实施与系统评价	141
6.7	PACS 系统的性能评价	144
6.7.1	系统性能分析和评价	144
6.7.2	系统效率分析和评价	145
6.7.3	图像质量相关的性能和评价	146
第七章	PACS 网关的功能设计与分析	149
7.1	图像获取网关的功能与分析设计	150
7.2	PACS 与 HIS/RIS 集成网关功能与设计	154
7.2.1	HL7 标准简介	155
7.2.2	集成方案的选择	163
7.2.3	集成方案设计	164
7.3	WWW 与 DICOM 网关功能与分析	172
第八章	PACS 发展趋势与 IHE	177
8.1	基于 PACS 的医学影像应用、发展趋势及其应用拓展	177
8.1.1	基于 PACS 的医学影像应用	177
8.1.2	DICOM Waveform 扩展及其文件和数据组织	179
8.2	远程 PACS 系统与网络安全	180
8.3	PACS 与 IHE 框架	182
8.3.1	IHE 概述	182
8.3.2	IHE 发展与年度计划	184
8.3.3	IHE 放射科技技术框架	185
8.3.4	IHE 工作流程与信息发布	192
8.4	IHE 系统改造和实现方法	194
参考文献		195



第一章 绪 论

1.1 PACS 的概念的形成、结构和分类

医学图像最早主要是以 X 线胶片的形式出现,胶片同时起着存储介质和传输介质的作用。为了提高胶片的利用价值,影像科室不得不建立各自的片库来贮存数量庞大的胶片,采取手工方式对胶片进行管理。传统手工管理方式有很多缺陷。第一,效率很低,不能满足临床需要,如果遇到急诊时就更明显。第二,资料的查询速度慢,图像复制、传递不便,无法实现图像的即时传递和检索。第三,不能对图像进行后处理,如窗宽和窗位的调整,因而质量不能满足要求的胶片往往需要重新摄影,给摄影技师和患者带来不便或经济负担。第四,保存场地需不断增加,成本较高,规模扩展和保管不易,无法有效地解决胶片的丢失和变质问题。第五,无法实现远程医疗(Telemedicine)。数字成像技术和计算机技术在放射学领域的广泛应用和发展产生了大量的新的医学影像成像技术,如计算机断层扫描(Computed Tomography,CT)、核磁共振(Magnetic Resonance Imaging,MRI)、心血管造影(X-Ray Angiography,XA)、超声波扫描(Ultrasound,US)、正电子发射断层成像(Positron Emission Tomography,PET)、单光子发射计算机断层成像(Single-Photon Emission Computed Tomography,SPECT)、计算机 X 射线成像(Computed Radiography,CR)、数字化 X 射线成像(Digital Radiography,DR)等,使得临床医学图像的数量剧增,传统用简单胶片管理医学图像的方式显然已不适用。计算机网络技术带来的信息资源共享促使放射科和整个医院向无胶片化(Filmless)方向迈进,现在医学图像以数字形式保存在服务器上,医师可在诊断工作站上查看医学图像,取代了原有的胶片阅片,大大提高了诊断效率和医疗服务的水平。

随着数字化技术在放射医学中的应用,有关专家和学者提出了一系列相应的概念,如美国 Dr. Paul Capp 在 20 世纪 70 年代提出了“数字放射学”(Digital Radiology)的概念,德国柏林技术大学的 Heinz U. Lemke 教授在 1979 年提出了数字图像通信和显示的概念,而美国 Ohio 大学的 Judith M. S. Prewitt 在 1981 年首次提出了 PACS(Picture Archiving and Communication System)的概念。1982 年 1 月,SPIE(Society of Photooptical Instrumentation Engineers)在美国加州 Newport Beach 召开了第一届 PACS 国际会议,标志着 PACS 概念在学术界的正式形成。此后,这项会议与医学成像会议(Medical Imaging Conference)合并,每年 2 月在美国南加州举行。在日本,1982 年 7 月,JAMIT(Japan Association of Medical Imaging Technology)举办了第一次国际讨论会,这项会议与医学成像技术会议(Medical Imaging Technology Meeting)合并后,每年举办一次。在欧洲,自 1983 年以来,Euro PACS 组织每年都举办会议讨论和交流 PACS 有关问题。在美国,最早的与 PACS 相关的研究计划是 1983 年由美国军方赞助的一个远程

放射学研究计划。1985年,美国军方又资助了另外一项 DIN/PACS(Installation Site for Digital Imaging Network/Picture Archiving and Communication System)计划,该项目由 MITRE 公司管理,在 Seattle 的 University of Washington 和 Washington DC 的 Georgetown University and George Washington University Consortium 具体实施,Philips 医疗系统公司和 AT&T 参与其中。同年,美国国家癌症中心(US National Cancer Institute)资助 Los Angeles 的 University of California 开始其第一个 PACS 相关的研究计划,该计划称为 Multiple Viewing Stations for Diagnostic Radiology。1990年10月,NATO-ASI(Advanced Study Institute)在法国 Evian 举行了一个关于 PACS 的国际会议,来自 17 个国家的大约 100 名科学家参加了会议。会议总结了当时在 PACS 系统研究开发方面的状况,并促使美国陆军医疗司令部(US Army Medical Command)制定了另一项名为 DISS(Diagnostic Imaging Support Systems)的计划,该计划的目标是在美国建立一个大规模的军用 PACS 系统。目前,与 PACS 相关的重要会议包括 CAR 和 IMAC。CAR(Computer Assisted Radiology)是 Lemke 教授自 1985 年以来组织的年度会议。IMAC(Image Management and Communication)则自 1989 年以来每年举办两次,由乔治敦大学的 Seong K Mun 教授组织。

PACS 是 Picture Archiving and Communication Systems 的缩写,意为影像归档和通讯系统,PACS 的 4 个字母的解释分别为:P——图像;A——图像归档;C——图像通信;S——完整的系统。在技术上,PACS 是数字化信息技术、软件工程、数据库技术和网络通讯技术应用到医学领域的产物。作为主要应用在医院影像科室的系统,PACS 基本的任务就是把日常产生的各种医学影像(包括核磁共振、CT、超声、各种 X 光机、各种红外仪、显微镜等设备产生的图像或视频)通过各种接口(模拟、DICOM 或网络)以数字化的方式海量保存起来,当需要的时候基于一定的授权机制能够很快地调回使用,同时还有一些辅助诊断管理功能。它具有在各种影像设备间传输数据和高效组织存储各种数据的重要作用。因此,PACS 是使用数字成像技术、计算机技术和网络技术对医学影像进行数字化处理的系统,是专门为图像管理而设计的包括图像存档、检索、传送、显示、处理和拷贝或打印的硬件和软件的系统。其目的是为了有效管理和利用医学图像资源。概括起来,它主要解决医学影像的采集和数字化、图像的存储和管理、数字化医学图像高速传输、图像的数字化处理和重现、医学图像信息与其他信息集成五个方面的问题。目前,PACS 直观上的主要功能和应用体现在:在图像数据库存储不同成像设备产生的数字化图像(即归档);使不同科室的使用者能够通过本身具有图像处理功能的工作站存取不同类型的图像;用数字化医学影像存档和传输标准将医院各科室临床主治医师、放射科医师和专科医师以及各种影像、医嘱和诊断报告联成一高效网络;用 Web、E-mail 等现代电子通讯方式来做远程诊断和专家会诊;用专业二维、三维分析软件辅助诊断;用专业医疗影像诊断报告软件撰写诊断报告等。如此,PACS 可真正实现医学影像的无片化管理,在节约昂贵胶片材料的同时,可节省大宗量胶片管理所需要的地理空间。PACS 可基于数字化的通讯和传输标准实现医学影像资源的共享和数字化处理,简化就医流程并方便医、教、研工作,提高诊断效率和诊断水平。通过医学影像的无损采集和传输,还可实现远程会诊,实现跨区域乃至国际间医学影像数据资源和诊疗专家资源共享。PACS 彻底改变了传统的图像保存和传递方式,数字图像保存在磁盘、磁带、光盘上,占地小,成本



低,保存时间长。还可利用计算机信息技术,将不同型号、类别、地点的设备产生的图像,在统一的数字图像格式标准下进行存储,使用户按需求检索、调阅,并可以在自己的终端上对图像做各种处理,辅助诊断和治疗。PACS 基于计算机信息技术可以高速、高效地检索、复制、传递图像,真正实现了医学图像信息资源和昂贵医学设备的共享以及图像的跨科室、医院、地区流动,减少了等待检查结果的时间,方便了医生检索相关图像,有利于迅速诊断和治疗,无损、高效的图像传输提高了远程会诊的质量。计算机强大的图像处理功能,可以在读片终端上对图像做各种处理,进行更细致的观察;具有更多的图像显示方式,如窗宽/窗位调节、三维重建、虚拟内窥镜、图像融合等等,提供了更多的临床诊断信息。基于专家系统还可将人类在利用医学图像诊断和治疗上的知识积累转变为计算机智能软件,使医学图像诊断治疗技术走向更深的层次。

PACS 系统在物理结构上采用各种网络将不同类型的计算机连接起来,包括医学成像设备、图像采集计算机、PACS 控制器以及图像显示工作站和专用打印机以及各种专用的网关设备或软件等。PACS 的基本物理和功能结构示意图如图 1.1。

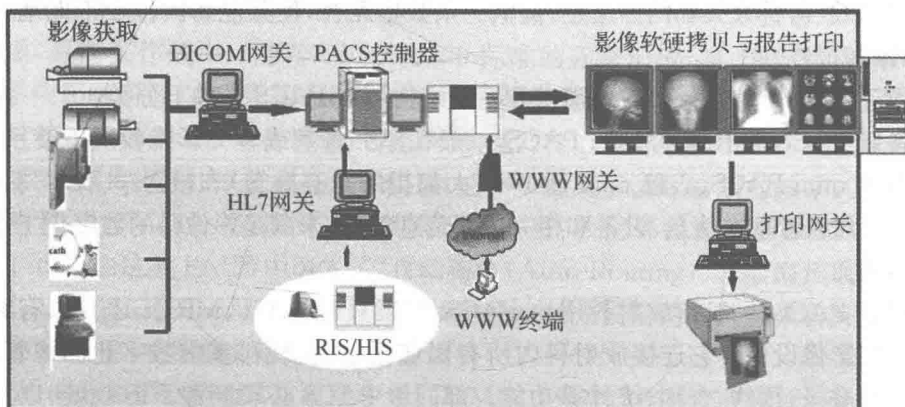


图 1.1 PACS 医学影像与传输系统

其中,影像获取(Image Acquisition)部分是 PACS 系统的基本影像来源,在 PACS 系统中具有十分重要的地位。影像采集设备包括各类断层扫描成像系统及各种射线照相技术所形成的胶片的数字化扫描采集设备以及 X 线数字成像、超声成像、内镜成像、病理切片等采集医学图像的设备。

影像采集系统的主要功能有以下几点:①从各成像设备采集影像数据;②对采集到的所有不符合影像存档与传输标准的数据,进行格式转换;③将最终影像传送给 PACS 控制器。其中对各成像设备影像数据的采集方式视具体成像设备而定,成像设备决定了图像的获取形式及最终的图像质量。一般数字化医学图像获取有两种方式:直接获取数字图像及模拟影像的数字化。直接获取数字图像包括直接获取数字图像文件和利用数字视频获取方法直接从图像显示系统捕获数字化数据。模拟影像的数字化则包括固定胶片扫描(激光扫描)、移动胶片扫描和电视图像的数字化。

PACS 中信息和数据可以从图像采集工作站、WWW 终端、医院信息系统(HIS)和放射科信息系统(RIS)等送往 PACS 控制器。PACS 控制器是 PACS 系统的核心,它主要包括数据流控制器、数据库服务器和存储管理系统等三大部分。与 PACS 系统进行信息交互的各类网关可以将遵循非标准协议格式的 PACS 数据转换为 PACS 标准协议格式,

在数据交换中起着重要的辅助作用,它们包括 DICOM/HL7 网关、WEB 网关、DICOM 网关、打印网关等。

影像软硬拷贝与报告打印部分主要包括各种影像工作站和专用打印机系统,它主要负责显示或打印患者的各种影像,供医生进行观察和诊断,同时它还要具有足够的图像处理能力和结构化报告生成功能,为医生对病情进行诊断提供辅助手段。如在影像工作站上的软件应能满足医生最常用的使用功能,如图像缩放、图像变换及滤波、图像分析、开窗、漫游、剪影、区域处理、边缘增强、细化与检测、着色、生成和操纵三维图像等,具体业务包括影像减影、三维重建、仿真内窥镜显示、骨密度测定、图像融合、三维手术模拟以及手术计划显示等。软硬拷贝影像工作站根据应用的不同可分为 5 类,包括用于影像采集的工作站、用于影像诊断的工作站(高分辨率监视器 $2.5\text{ K}\times 2\text{ K}$)、用于相关医生和会诊系统的工作站(中分辨率监视器 $1\text{ K}\times 1\text{ K}$)、临床医生桌面工作站以及高分辨率硬拷贝打印工作站。

PACS 功能的正常实施离不开计算机网络的支持。计算机网络的一个基本功能是为最终用户(如放射科大夫和门诊医生)提供一条数据路径,使其能访问位于不同地方的信息(如图像和报告)。

着眼于不同的系统目标、应用需求和系统结构可对 PACS 作如下分类:

设备级 PACS:纯图像的 mini PACS,一般在单一科室或单一影像模式下使用的,比如说超声波 mini PACS、心脏 mini PACS(大都指的是心导管)和核医学 PET 等。mini PACS 只包含患者基本信息、设备和相关位图信息等,尚未满足影像科的数字化工作流程管理的需要。

部门级 PACS:一般指放射科用的 PACS,一般只包括 CT、MRI、CR/DR,有时包括普通超声波影像设备。它连接放射科内所有影像设备,实现科室内数字化影像管理,具有患者信息登录、预约、查询、统计等功能。部门级 PACS 必须涵盖 RIS 功能,以放射科室为主,兼顾其他影像科室。

全院级 PACS:也称为 Full PACS 或企业级 PACS,支持的模式包括五大类:CT、MR、超声波、核医学与正电子以及所有 X 光类(如胸、普通、乳腺、DSA、骨质等等)。在国内和亚洲一些地区,全院级 PACS 还可能包括各种内窥镜、显微镜、心电图等。它涉及放射科、超声科、内镜室、病理科、导管室、核医学科等相关影像科室,必须和医院 HIS 系统融合。

区域级 PACS:主要用于医疗机构间共享资源,发展异地诊断和远程会诊。区域级 PACS 对 PACS 的体系结构、数据传输与存储特别是安全认证、授权等方面提出了新的要求。

1.2 PACS 的发展历史

从 PACS 的技术发展历史来看,可分为三个阶段:20 世纪 80 年代中期到 90 年代中期的孕育与初级发展阶段;90 年代中期到 20 世纪末的发展与成熟阶段;20 世纪末到现在的升级和集成、完善阶段。

第一阶段中,计算机自身性能有限,CPU 主频仅几十兆,内存只有 64 兆字节左右,而且价格昂贵。相关研究主要集中在如何用有限的计算机资源处理大容量的数字图像,如



用各种算法优化、硬件加速等。而显示技术也不能保证图像显示质量的一致性。由于缺乏统一的标准,不同设备中的图像难以交换。故这一时期的 PACS 系统以单机为主,速度慢,功能单一,基本上没有 RIS (Radiology Information System),显示质量不高,PACS 显然不能满足临床的需要。人们普遍认为不可能用软拷贝代替胶片,对 PACS 应用认可度不高。当时大多数系统是小型 PACS,主要是将放射科的一些影像设备进行连接,以胶片的数字化为首要目标,实现医学影像的传输、管理和显示。这一时期 PACS 的典型特点是“用户寻找数据(Users Find the Data)”。即当数据进入 PACS 后,用户必须亲自给出查询条件,并在 PACS 中查询相应的图像及其相关数据。这种模式需要大量的人工参与和对 PACS 工作流的手动干预,才能充分发挥 PACS 的效能。

第二阶段,随着计算机技术、网络技术的发展,特别是 PC 机性能的大大提高,PACS 用户终端的速度和性能加强了。而显示技术的发展和显示质量控制软件的出现,使图像显示质量基本达到读片要求,PACS 的诊断价值开始得到临床的认可。在诊断报告和信息保存等需求的推动下,RIS 系统出现。各种医学影像设备在临床的应用使得人们开始关注工作流的问题,即在检查登记、图像获取、存储、分发、诊断等步骤中 PACS 如何与 RIS 沟通,提高工作效率。随着 DICOM 3.0 标准的逐渐形成,自 1995 年以来,商用的 PACS 系统相继问世,突出表现在以实现整个医院所有影像网络为目标的 Full PACS 系统上。它逐步将各类非放射科影像,如超声、病理乃至心电等纳入 PACS 范围之内;开始同 HIS、RIS 等其他医疗系统相互共享信息;进一步提高了读片诊断的效率,并方便了临床其他科室的应用。这一阶段 PACS 的典型特点是“数据寻找设备(Data Find the Devices)”。由于在这类 PACS 中引入了“自动路由(Auto-Routing)”、“数据预取(Data Prefetching)”等概念,进入 PACS 中的数据可根据用户预先设定的规则及来自外部系统(如 HIS/RIS)的信息,将图像自动送到指定的设备。

在 20 世纪末到目前的第三阶段中,DICOM 3.0 标准已经被广泛接受,PACS、RIS 开始与 HIS 全面整合,并被用于远程诊断。随着显示质量控制软件技术的进一步发展以及新的显示设备的出现,在技术上已经完全淡化了温度、寿命对显示器显示质量的影响。在 PACS 系统中也引进了大量临床专用软件用于辅助诊断和治疗。医院无胶片化的进程的进一步深化,也进一步迫使人们开始花大量精力研究 PACS 系统的安全性。PACS 系统和 RIS、HIS 等其他系统的集成与融合趋势越来越明显,相互间的界限逐步变得模糊,并开始在工作流程上进一步整合,更强调整体化的医疗保健解决方案,注重资源的充分共享和流程运作的一体化。另外,不同地域的 PACS 也开始尝试互相连接,以在更大的区域范围内共享医疗信息,实现真正意义上的远程会诊。现在的 PACS 产品开始具备“信息和影像寻找用户(Information and Images Find the User)”的典型特点。在这类 PACS 中,数据可依据用户预先设定的规则和来自外部系统的信息,将图像及其相关数据自动送到指定的设备并分配给具体的用户。这代 PACS 需要与外部系统(如 HIS/RIS)进行紧密的集成才能够实现,无疑这种模式能够实现 PACS 工作流的自动化。

总之,PACS 从 20 世纪 80 年代初开始孕育并发展。但是在随后大约十年的时间内,由于医学影像数据量庞大,原则上需要大容量的存储设备、高性能的显示设备及高速的计算机网络,因此,当时建立一个 PACS 系统费用非常昂贵。同时在技术上各厂商的医学图像设备输出的图像格式不统一,难以实现影像数据的有效共享,使 PACS 的发展受

到经济上、技术上等多方面的制约。在这样情况下,PACS 没有也不可能被广泛地实用化。随着 90 年代计算机图形工作站的产生和网络通讯技术的发展,有关图像和通讯的标准如 DICOM 标准也被相应制定并完善,PACS 在技术上已经基本没有障碍,在经济上 PACS 也处于能被较多医院接受的水平上,PACS 因此进入了相对成熟期,开始走出实验室,逐渐地被商业化和产品化。目前随着 DICOM 3.0 标准的广泛接受和普及,PACS、RIS 开始与 HIS 全面整合,并被用于远程诊断系统,PACS 的发展与应用已经进入普及和成熟阶段。

1.3 PACS 有关的信息系统、协议与规范

许多医院都在努力设计自己的计算机信息系统,这些系统通常用于存放与检索病人的文本和图像信息,而这些信息散布于各个信息系统中,典型的包括医院信息系统(Hospital Information System, HIS)、放射科信息系统(Radiology Information System, RIS)及图像归档和通信系统(PACS)等。

医院信息系统的概念早在 20 世纪 60 年代就已出现,开始提出 HIS 概念的时候,存在着种种技术上的原因,而 HIS 提出的目的就是基于计算机技术将数据和功能集中起来考虑,从而增加医院效率。作为一个计算机化管理系统,HIS 的主要作用如下:支持医院医疗和病人检查治疗等有关的工作;处理医院的一些常规经济工作(如交费、财务等);评估医院的运营和花销状况。通常实现的 HIS 系统只是传输字符数据,而实际上 HIS 可掌握某些特殊类型的数据,如心电图检查的波形结果等。近年来,在医疗保险制度改革的促进下,国内 HIS 迅速普及,HIS 已经成为医院正常经营的必备条件。目前国内面向管理的 HIS 已经十分成熟,HIS 的流程已基本稳定,基本管理模型也已经稳定成型,这是导致 HIS 快速发展的重要基础。在人、财、物、技管理的基础上,一些医院正在探索扩大应用范围,提高应用深度,如开发门诊信息系统、病房电子病历系统、手术室系统等。

放射科信息系统(RIS)用于支持放射科的诊断与信息的管理。它统管放射科的患者信息以及收费情况、检查过程描述以及时间设定、诊断报告、患者来访时间安排、胶片存放及检查室的时间安排,旨在减少管理的开支,改善放射科检查的质量。

RIS 与 HIS 彼此既相互独立,又有一定的联系,很多 RIS 是作为 HIS 中多个子系统之一而存在的。HIS 里面存的主要是病人和医院各项管理的文字资料。RIS 主要负责病人预约、放射设备、放射有关医师医嘱、放射报告等管理。具体说来,RIS 的主要功能包括:患者登记;预约时间;诊断报告;处理患者图片夹的记录;管理患者、检查以及检查资源的状态;创建、格式化以及存储诊断报告和数字签名;追踪图片夹;维护实施的收费信息;进行文档与统计的分析。需要强调指出的是,和 PACS 系统不同,RIS 很大程度上是要和医院的管理流程相一致的,其目的主要就是为了减轻放射科的管理工作,改善影像检查结果的传送质量。因 RIS 主要管理的是放射科病人的病历和交费信息、拍片过程描述、诊断报告发送、病人检查次序安排等工作,故应该针对具体医院的情况量身订做,并且最好由 HIS 和 PACS 的厂商合作开发。在大多数情况下,RIS 是独立运行的,在必要时和 HIS 与 PACS 进行相关数据交换。如 HIS 里面的病人基本资料要自动传给 RIS,RIS 里面的病人和检验资料要传给 PACS,RIS/PACS 里的影像报告结果要传回给 HIS 等等。



实验室信息系统(Laboratory Information System, LIS)是对于医院工作流程和病理实验室管理至关重要的程序模块集成处理系统,必要时也需要跟 PACS 系统互联以辅助诊断和分析,如 LIS 中标本模块储存标本必要的信息,需与图像配合,用以理解和解释图像信息。因此,在实验室的工作流程中也需要信息系统和成像系统之间紧密的、动态的整合与交流。

由于医院环境极其复杂,不同的专业科室有着不同的需求,单个开发商的产品难以覆盖所有专业领域,因此在一个医院里往往存在着大量异构的、自主的、分布的、来自多个开发商的成像设备、数据库、信息系统和基于知识的应用系统等,这不符合信息共享的原则。在医疗信息系统的发展中,国外很多科研机构 and 医疗系统开发商为了优化“信息效率”,都致力于解决医疗信息系统的集成问题,提出了很多卓有成效的方案。其中特别受到关注的是 DICOM 和医疗数据交换标准 HL7。这两者的制定和推广大大地促进了医疗信息系统间的集成。HL7 即医疗第七层协议,规定了系统之间交换医疗信息的字符数据格式,它的应用领域涉及医院信息系统中病房和病人信息管理、化验室信息系统、放射科信息系统等各个方面。DICOM 则规定了医学图像及其相关信息的交换方法和交换格式,可以实现各种医学图像设备、图像归档和通讯系统(PACS)以及与其他信息系统之间的图像及相关数据的交换。但在 DICOM 和 HL7 标准应用若干年后,北美放射学会(RSNA)和医疗信息和管理系统学会(HIMSS)以及医疗企业专家们发现:一些医疗信息系统如 HIS、RIS 和 PACS 等,尽管各自都遵循了对应的标准,却仍像“孤岛”一样缺乏系统之间的连接和通讯,对医疗信息集成厂商为医疗用户实施系统集成造成了很大困难。即使是标准的系统之间仍然要开发昂贵的接口,究其原因,主要在于上述标准描述的信息结构相当笼统和抽象,并缺乏对系统设计和操作所要求的具体内容的支持,即对业务流程和集成原则未作规定,无法保证互联系统间图像、数据信息的可用性、一致性和高效性。为了解决上述问题,RSNA 和 HIMSS 对医疗信息系统的集成问题作了大量的工作,其中最为引人瞩目的是以放射学工作流程为主的医用信息系统集成(Integrating the Healthcare Enterprise, IHE)。IHE 联合医疗信息系统的用户和厂商共同促进了各种系统信息的集成,在提供医疗服务的过程中,为病人和用户提供专业、高效和节省费用的服务和方法。事实上,PACS、HIS 和 RIS 集成的技术难点在于没有统一的信息交换标准。F. J. Martens 曾经论述:HIS/RIS 和 PACS 至少在以下四个方面有所不同:处理的事务不同;对消息和数据元素的解释不同;消息的语法不同;通信协议子集不同。正是这些差异使得系统间的集成困难重重。现有的多种集成方案和技术都存在着一些缺陷,这限制了 PACS、HIS、RIS 系统的进一步发展。专家们发现,只有在整个医疗机构中使用一个持续的框架,才能保证各个信息系统的连接性和信息的顺畅流动。这个框架必须独立于任何厂商,才能做到在各个系统间病人资料的共享。这个框架必须将整个系统进行有效划分,才能既保持系统的灵活性又限制其复杂度。而医用信息系统集成就是专家们集体讨论后提出的框架。从近年来的应用来看,IHE 的确建立了一个有效的工作流程来改善不同系统间的连接。它既以病人为核心,又充分考虑到了医疗工作者的工作习惯。

在 PACS 数据集成研究中,与 PACS 有关的还包括网络、多媒体、数据库、计算机操作系统等方面的接口标准、协议或规范,如 XML、TCP/IP 通讯协议、ODBC 接口、SQL 标准、JPEG 静态图像压缩标准、MPEG 系列动态图像压缩标准等。

1.4 PACS 国内外研究现状与分析

PACS 是医学信息化领域发展的中心和热点。国外的 PACS 建设起步较早,技术比较成熟。欧美发达国家与 PACS 相关的网络基础设施的建设比较早,发展速度也很快,用于图像处理和显示的专业设备一直得到重视和发展。美国在 PACS 研究和应用领域处于领导地位。欧洲和日本医学信息系统的研究也非常活跃,它们的 PACS 系统也已经比较成熟。目前有多家厂商推出了产品化的 PACS 系统,服务于国外市场,包括 GE、SIEMENS、Kodak、PHILIPS 等。面对中国市场巨大的发展和应用潜力,大多数国外大型公司如 SIEMENS、GE 等已开发了基于中文平台的 PACS。由于开发厂商比较重视行业标准,如 HL7、DICOM 等,欧美 PACS 产品的稳定性、交互性、可靠性、准确性和安全性明显高于国内,不同系统之间数据共享、交互性较好,但多数移植于西方医院管理模式和 workflow,不完全符合中国医院的情况,而且价格昂贵,维护和管理服务费用也明显高于国内开发的系统,本地化研究尚需深入。从基本用户角度,与国内医院相比,国外医院的管理水平较高,医院的业务流程清晰,应用 PACS 的积极性较高。进入 21 世纪以来,PACS 在国外呈高速发展趋势,2001 年欧美市场增长率达 20% 以上。随着网络 IT 技术的发展,在美国出现了许多医疗影像诊断与 Internet 相结合的 PACS 系统,实现了真正意义的远程会诊和无胶片化。在欧洲,PACS 与 HIS 融合,形成日趋快速拓展的医学信息网,并开发了越来越多的应用。在亚洲一些发达国家和地区,如日本、韩国以及我国的台湾地区,在政府的大力扶持之下,经过几年的发展,PACS 系统已经实用化。

在国内,PACS 从 90 年代开始呈现出蓬勃发展的势头,目前已有北京中科恒业公司、北京天健公司、上海岱嘉公司、深圳安科公司、东软股份公司等多家公司对 PACS 系统进行了研究和开发,并基本形成了自己的产品,在一些医院也进行了不同程度的实验和应用,取得了不少宝贵的经验。国内很多高校如清华大学、北京大学、浙江大学等高等院校也有为数不少的研究人员对 PACS 技术及其实现原理进行了较为深入的研究和探索,取得了不少有价值成果。从医院角度来说,近年来各类单机工作站已被大多数中小医院接受,实现了设备的数字化功能升级,显示出了一定的经济效益。但国内医院大多为公立医院,管理水平、资金实力与国外医院有较大差距。由于体制原因,国内医院在优化医院业务流程、降低损耗、提高效率等方面明显动力不足,障碍重重。随着我国加入 WTO 后,外商进入医疗市场的冲击,国内民营医院崛起,国家对现有医疗制度改革力度加大,医患纠纷中举证倒置制度的实施,越来越多的医院认识到只有加强管理,提高竞争力才能生存下去,作为改变医院落后的传统业务管理流程的信息系统如 HIS、PACS、RIS 等已成为医院的投资热点。但多数中小医院计算机应用水平还较低,基本上还处在建立医院信息管理系统阶段,真正拥有大型 PACS 的医院还很少,迫切需要符合国内医院管理模式和 workflow 的 PACS 系统以及与 HIS、RIS 集成的遵循 IHE 技术框架规范的 PACS 系统。在强大需求的推动下,我国大型医院管理信息系统的开发和应用已经达到发达国家的平均水平,一些优秀的系统甚至已经接近国际先进水平。但由于国内的医疗信息系统开发商大都不太重视行业标准,国内生产的 HIS/RIS 系统非标准接口问题非常严重,不同开发商开发的系统数据共享困难,交互性差,大量的开发商在做低水平的重复劳动。而且多数 PACS 系统也没有有效的工作流程和自动化管理功能,在线信息少,响应速度



慢,也不能向临床诊断提供所需的全部功能,在网络安全、保密和符合法律要求方面也不可靠。在 PACS 的研究开发方面,我国仍然尚处于起步阶段,与国外的 PACS 系统相比还有较大的差距。事实上,到目前为止,我国还没有完全制造出能够满足医学图像处理 and 显示的专业设备,许多核心部件和软件引擎都是靠进口。总之,在当前的环境下,我国医院 PACS 的建设过程中有如下一些问题是急切需要解决的。

(1) 图像采集:由于历史原因,目前国内医院仍然存在很多没有标准接口或没有任何接口的老设备,采集这些设备的图像并有效进行数字化存储和管理是国内 PACS 发展需关注的关键问题之一。

(2) 图像存储和传输:由于医学图像是用于诊断疾病所用,因此对图像的要求很高,同时,一所小的综合性医院一年的图像可能达到几百个吉字节,这也就给图像的保存和传输带来了问题。因此研究开发高可靠性、高效率的 PACS 存储传输系统就成了 PACS 建设的关键性问题。

(3) 与其他系统的互连:目前很多医院有医院信息系统(HIS)或放射信息系统(RIS),但这些系统的设计比较早,基本上是按照各个厂商自己的标准设计的,也没有提供对外接口,很多情况下几乎无法解决互连问题。

(4) 现有的 PACS 产品不符合中国国情:国外的产品对硬件的要求很高,价格昂贵,系统的操作流程完全按照国外惯例制定,界面大多没有汉化,因此不太符合中国的实际情况。而很多国内产品其核心引擎基本上从国外引进,不仅软件的升级换代受到别人限制,而且整个系统的操作流程也受到了一定限制。

上述问题既是 PACS 在新世纪的发展方向,也是其真正发挥作用和效益的先决条件。目前,PACS 在我国还远没有普及,原因之一就是上述问题没有解决。研究及解决当前我国医院 PACS 系统中的一些关键性的技术问题,建立符合我国国情,符合我国医院现状,尤其是广大中小医院现实情况的 PACS 系统,是国家“金卫工程”的主要内容之一。

1.5 PACS 的经济和社会效益分析

PACS 的实施,具有巨大的经济和社会效益。

首先,PACS 提高了医学影像保存的质量,为临床和教学工作提供了更可靠的保证。在 PACS 中,影像的复制和传递变得更为容易,使得远程会诊变得实际可行。其次,PACS 提高了现代化医院管理水平。PACS 系统简化了从病人登记、诊断报告的发送等待、信息统计等工作的过程,从而提高了影像科室的工作效率,减少了人工处理这些工作的误差,是医院有效地进行规范化管理和质量控制的必备前提。第三,采用数字化影像技术,利用大容量储存管理方式永久存储医学影像,实现了无胶片化的管理,节省了大量的胶片费用。根据科学计算,光盘存储成本是胶片成本的 $1/8$,仅此一项每年就可以为医院节省消耗 30 万元到 60 万元(以日工作量为 30 人次计算),同时也节省了大量的存片空间。

近几年来,PACS 系统已在欧美等国家的医院信息化管理中得到广泛应用。例如在 1997 年美国计划投资 5 亿美元为海军医院建立 PACS 系统,同时已将数字化医院作为建设目标。美国 PACS 先驱者,著名的巴尔的摩 VA 医疗中心初步实现 PACS 计划后,在

不增加人员及设备的情况下,由于工作效率的提高,翌年接诊的病人上升了近7 096;奥地利维也纳 Danube 医院在 PACS 运行后,与该市同类医院相比,住院检查时间从 9~11 天/人减少为 6.9 天/人,按此推算,如我国床位数 600 张左右的大型医院平均住院日减少 2 天/人,则相当于增加 90 张床位,以每张每天收入 600 元计算(含成本),年收入可达 1 900 万元。我国台湾地区的一所 500 多张床位的小港医院分三阶段实施了 PACS 系统。第一阶段医院实现科室的数字化连网后,胶片减少了 70%,经核算,节约的胶片费用(包括冲洗设备、消耗材料、相关人员工资、利息及通货膨胀率等)相当于 5 年左右即可收回 PACS 投资。

PACS 系统的实施和建设,既增加了医院对其周边的影响力,同时也提高了医院在行业内的竞争力。临床医生在工作站上即可调阅病人的检查图像,及时获得放射科医生提供的病人的检查诊断报告书,极大缩短了患者的就医时间;复诊患者以往的影像资料也能够直接调出,极大提高了整体工作效率和服务水平。同时医院可以开展远程会诊业务,能够将更多的外地患者留在本院,使病员流失现象减少,增加了医院的经济收入和社会效益。

(1) 提高医院的社会竞争力

PACS 的引入使影像科的工作流程得到彻底改变,有调查表明,新的工作模式和阅片方式得到了广泛的接受和欢迎。应用 PACS 后,医生可以通过工作站的显示器直接进行阅片,目前 PACS 图像浏览器具备非常多的后处理功能,如可以调整图像的窗位和窗宽,可对局部进行放大等,这些功能可以帮助医生提高诊断的准确度,特别是能够调整图像的窗宽以及窗位使医生较容易分辨拍摄的骨骼、人体脏器、头发,这在一定的程度上能够减少摄片给图像质量带来的影响。数字影像对于摄影条件的宽容度是非常大的,信息量比原来的胶片方式也明显提高,因此,诊断效果要明显强于传统胶片(俗称硬拷贝)。PACS 使图像存储方便快捷、处理细致、输出清晰,使无胶片影像教学成为现实。PACS 能够将教学类图像制作成动画、电影以及 PPT(幻灯片)形式,同时能够将理论与实习互相结合,这样既能够优化教学内容,合理安排课程,又能提高对影像学的理解,还能够提高学习效率和积极性。在科研中,由于 PACS 资料容易调阅,研究者可以互相分析病情,进行研讨讨论,有利于提高医疗水平。总之,PACS 的使用对医院的医疗质量、科研及教学都是极大的促进,提高了医院的社会竞争力。

(2) 提升医院的整体信誉度

PACS 的应用,优化了影像科的工作流程,改变了传统模式的不足,建立了科学、合理的工作模式。实施 PACS 后,设立了检查登记处、取报告处和诊断中心。其工作模式如下:门诊病人在检查登记完成以后从交费的记录中选出已交费的相关信息,并制作成检查申请单记录,住院的病人在住院医生工作站处开出检查申请记录单即可完成费用的登记。在影像检查室,技师可按照计算机上显示出来的候诊队列信息来依次叫号并确认病人,通过影像设备对病人进行检查,产生的 DICOM 3.0 标准影像可以通过 PACS 系统自动传送到诊断中心的工作站上。医生能够在诊断中心专业级显示器上读片。门诊病人在检查结束以后,到取报告的地方领取检查报告以及打印出来的胶片;住院病人做完检查后可以直接返回病房,结果可由临床医师直接在医生工作站调出。依托 PACS 系统对影像科室工作流程的重组,使得病人的检查时间大为缩短,让病人在最短时间内得到