

# 医学图像存档及通信系统的设计与实现

王中锋 徐明 (长沙国防科技大学并行与分布处理国家实验室 410073)

**摘要:** 医学图像存档及通信系统(PACS)的设计与实现是医学图像处理及传输领域的研究热点。本文分析和探讨了一个 miniPACS 设计和实现。我们结合自行开发的图像存档服务器, 基于医学数字成像及通信标准—DICOM3.0, 构建了这个 miniPACS, 实现了图像存档、图像查询/检索、图像打印以及图像的后处理等功能。

**关键词:** 图像归档及通信系统(PACS)、医学数字成像及通信标准(DICOM)

## 一、引言

### 1. PACS 简介

PACS(Picture Archiving and Communication System, 医学图像存档及通信系统)是近年来随着数字成像技术、计算机技术和网络技术的进步而迅速发展起来的、旨在全面解决医学图像的提取、显示、存储、传送和管理的综合系统 [1]。

在现代化的医院里, 图像在疾病诊断中占非常重要的位置。过去, 这些图像主要是各种 X 线胶片。为了提高胶片的利用价值, 放射科不得不建立各自的片库来存储数量庞大的胶片, 这是所谓的“存档”, 即对胶片的手工管理。上述管理方式的缺陷非常明显。首先, 它的效率低下, 检索速度慢。其次, 异地医生同时观察一幅图像的愿望不可能实现。第三, 硬拷贝胶片的窗宽/窗位不能调节。第四, 为了解决胶片变质和丢失的问题, 医院必须花费大量的人力、物力来维护这些胶片, 再加上胶片本身的成本, 一个中型医院每年需要投入十几万元, 并且随着胶片数量的增加, 维护费用也会增加, 这个问题对于大型医院由于胶片数量巨大, 显得更为重要。同时, 继 CT 之后, 近十几年来又相继出现了 MRI、正电子发射型 CT、单光子发射型 CT 和 DSA 等新的医学成像设备, 使医学图像的数量巨增, 用上述方式管理图像显然不适应需求, 为此推出了 PACS。

PACS 的引入和建立是具有条件的大型医院向无胶片化、现代化、信息化方向发展的必然选择。尽管图像存档及通信系统已提出多年, 真正可实现影像学信息网络化的医院与地区尚不很多 [2]。DICOM3.0 作为 PACS 的底层通信协议是今后几年的发展趋势。但是, 目前, 国内没有

一家医院具备完整 PACS, 并且对于 PACS 的认识只是—些感性的, 同时大多数医院对 PACS 的发展与应用也是处于观望态势。但是我们可以预见 PACS 将成为国内医学图像处理与传输领域的热点。同时, 国外 DICOM3.0 的设备和产品层出不穷, 但是它们十分昂贵, 限制了国内医院的 PACS 的发展。

### 2. PACS 和 DICOM3.0 标准

DICOM3.0 标准由美国放射学院(ACR)和国家电器制造协会(NEMA)于 1993 年联合制定的。它详细地规定了传输医学图像及其相关信息的传输协议。虽然 DICOM3.0 标准不是一个强制性的国际性标准, 但是它参考了现有的医学影像领域的其他标准, 接受其他相关的国际标准组织, 比如 CEN TC251、JIRA、HL7、IEEE、ANSI 等的审核, 同时各大医疗设备厂商, 像 SIEMENS、KODAK、PICKER、SONY、AGFA、GE 等, 纷纷表示将推出支持该标准的医疗设备, 另外放射学专家们也积极地参与了标准的制定和审阅, 实际上它已是一个广为接受的全球性医学数字成像和通信标准。

DICOM3.0 标准的制定目的之一就是推动 PACS 的发展, 为 PACS 的发展提供了强有力的标准支持。理论上讲, 如果使用 DICOM3.0 标准实现支持 DICOM3.0 标准的设备间的互连, 只需对其进行简单的配置就可以实现设备互连, 并可直接与符合工业标准的计算机网络相连接, 实现高效率的图像传输。

就 PACS 的实现而言, DICOM3.0 可以作为 miniPACS 或 partialPACS 的通信标准。最简单的 miniPACS 的例子就是 CT 和 MRI 设备的共享激光照相机系统。同时 DICOM3.0 也可以作为综合的医学信息系统中的图像通信标准。由于 DICOM3.0 标准的制定参考

医院信息系统的相关标准—HL7标准,这样就保证了PACS的通信标准与HIS/RIS通信标准的相互兼容。同时,DICOM3.0标准充分考虑了与RIS/HIS的交互,提供了与之进行互操作的服务类,比如基本工作单管理服务类。

## 二、miniPACS的系统结构

借助湖南一家医院CT和MRI室的设备,我们基于自己开发的图像存档服务器构建了一个小型PACS。针对医疗设备自身功能以及试验目的,该小型PACS主要具备图像存档、图像查询、图像提取、图像的共享打印以及辅助诊断等功能。这个miniPACS的系统结构如图1:

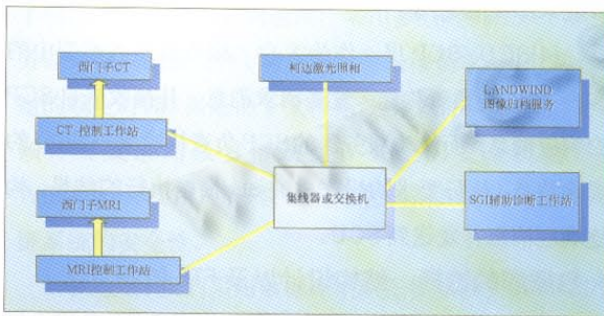


图1 miniPACS系统结构

## 三、miniPACS的设计与实现

为了探索和研究DICOM标准的实现机制,我们提出了一种DICOM网络通信模型,并且基于该模型,我们自行开发了实验性的DICOM图像存档服务器。同时,我们借助湖南一家医院CT的MRI室的设备,使用该图像存档服务器,构建了一个miniPACS,分析了PACS构建过程中的关键问题,积累了经验。针对这些医疗设备自身功能,该miniPACS主要具备图像的存档、图像查询访问、图像提取以及图像的共享打印等功能。

### 1. 设备配置

miniPACS的医疗设备包括一台SIEMENS CT,一台SIEMENS MRI,一台KODAK MLP190的激光照相机,一台SGI的辅助诊断工作站以及我们自行开发的图像存档服务器。其中设备自带的操作系统和应用软件如下:

(1)CT/MRI的操作系统SunOS,借助操作系统本身的TCP/IP协议栈,来组建网络;自带的图像处理软件是SAMORIS PLUS 4.0/NUMARIS PLUS 3.0,该软件支持DICOM存储服务类的SCP/SCU,查询/提取服务类的SCP/SCU以及基本打印管理元服务类的SCU等,

同时该软件对CT图像的管理采用数据库方式,把图像作为大二进制对象直接存入数据库,具有短期存储能力,起到一定的备份作用。这些服务类是实现PACS系统功能的底层功能支持。

(2)辅助诊断工作站SGI的操作系统是IRIX6.0,借助操作系统本身的TCP/IP协议栈,来组建网络。它的图像处理软件是3Dvirtuoso R 2.5.2,由ISG公司开发,与SIEMENS设备搭配销售。该软件同样支持DICOM存储服务类的SCU/SCP,查询/进取服务类的SCU/SCP以及基本打印管理元服务类的SCU等。其图像组织形式类似于SAMOTAM PLUS 4.0,采用数据库直接存储图像。

(3)图像存档服务器是我们自行开发的,功能方面除了支持上述DICOM服务类之外,还具备强大的辅助诊断功能,是PACS图像存档服务器的实验性产品。它的操作系统是Windows NT4.0,采用数据库和FTP机制实现图像的存档和访问操作。

### 2. 网络拓扑的选择

由于该miniPACS局限于一个科室范围内,这样就大大降低了对物理网络的要求。网络拓扑选择简单的星型结构,底层网络协议是以太网IEEE802.3,中心节点是一个交换式集线器,其他设备借助自带的网卡的RJ-45端口,通过5类双绞线进行互联。基于设备操作系统的TCP/IP协议,实现PACS的系统功能。

### 3. 互操作平台的选择与实现

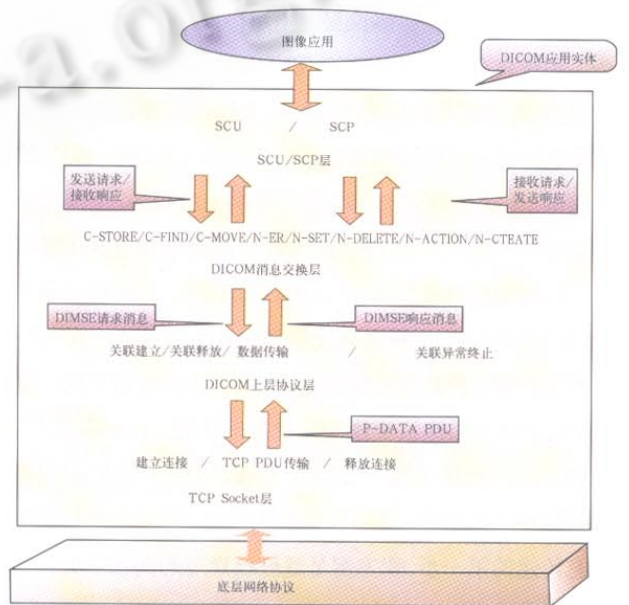


图2 DICOM网络通信模型

由于上述医疗设备的购买时间较晚,在一定程度上,设备都支持DICOM3.0标准。所以我们选用DICOM作为互操作平台,这样既简化了PACS构建,同时保持了良好的可扩展性。

在构建PACS时,一个重要环节就是采用何种方式实现DICOM3.0这个互操作平台。当医疗设备厂商推出新产品时,也要考虑以何种方式支持DICOM标准,使自己的产品成为DICOM产品。因为我们自行开发的图像存档服务器支持DICOM标准,所以实现图像存档服务器的DICOM协议是构建该miniPACS的一个难点。

在这里,我们通过分析DICOM协议结构模型及其运行机制,提出了一种DICOM网络通信模型(见图2)。基于该网络通信模型,我们自行开发了符合DICOM标准的医学图像存档服务器。下面介绍该模型的设计思想和实现原理。模型整体分为四层,下面逐层介绍:

(1)TCP Socket层。DICOM上层协议以及应用实体均属于DICOM应用层,所以所有与DICOM相关的信息都封装于TCP协议数据单元(PDU)中进行传输。该层负责TCP连接的建立、释放、终止以及TCP PDU的传送/接收等,为上层协议层提供TCP连接服务。当DICOM上层协议实体要建立一条关联时,上层协议实体向TCP服务器发送TRANSPORT CONNECT请求原语。一旦收到TCP传输确认原语,表示建立连接成功。

实现时,采用操作系统提供的SOCKET机制,建立TCP连接。

(2)DICOM上层协议层。上层协议(ULP)是DICOM为了实现自身功能而对TCP/IP协议进行扩充性定义的应用层协议。DICOM标准《PS3.8:支持消息交换的网络通信》给出了上层协议状态机的定义以及上层协议PDU的格式等。上层协议为消息交换层提供上层服务,上层服务等同于OSI的ACSE提供的关联管理服务和数据传输服务,包括关联建立服务A-ASSOCIATE、关联释放服务A-RELEASE、异常终止服务A-ABORT/A-P-ABORT等以及数据传输服务P-DATA。所谓关联,是指DICOM上层协议实体为完成某一功能,比如存储CT图像,而协商建立的一条TCP连接,是DICOM应用实体传输信息的桥梁、进行互操作的纽带。建立关联是实现信息传递的第一步,双方都是通过已建立的关联来交换所有信息的。

(3)DIMSE消息交换层。该层使用上层服务,为SCU/SCP层提供DIMSE服务。DICOM消息服务元素(DIMSE)

提供两种服务—操作(Operation)和通知(Notification)。其中,操作和通知的区别在于SCU请求SCP完成某一服务时使用操作;当SCP的状态改变时,使用通知来告诉SCU。DIMSE通过在SCU/SCP之间消息交换来完成特定的操作和通知。DIMSE的消息包括请求消息和响应消息,分别用于发送请求和返回执行结束。为了完成某一操作,SCU发送该操作请求消息到SCP,SCP根据响应消息中的状态码判断此次操作的成败,至此该操作完成。为了传输合成的信息对象定义(IOD)和规格的信息对象定义,DICOM定义了两组DIMSE操作和通知,DIMSE-C和DIMSE-N。应用实体使用DIMSE的操作和通知可以完成某一特定的功能,比如C-STORE操作可以完成某一合成IOD的存储等。

(4)SCU/SCP层。作为客户/服务器服务模型中的客户—SCU负责构建、发送请求消息,并接收来自SCP的响应消息;而作为服务器的SCP负责接收来自SCU的请求消息,执行要求的操作或通知,根据执行的结果,构建响应消息并发送到SCU。

#### 4. 数据库的选择、结构设计以及FTP机制

根据CT室每天产生的需要存储的图像量,我们选用了Microsoft SQL Server 7.0作为底层数据库支持。Windows NT4.0对其提供强有力的支持,同时它价格便宜、良好的用户界面、维护简单、易于管理,可以很好地运行低端应用。

对于数据库的结构设计,我们参照图像信息对象定义(Image Information Object Definition)的DICOM信息模块,充分考虑了DICOM格式的图像内容,决定按照病人(patient)、诊断(study)、序列(series)、图像(image)四层表格组织图像,其中一个病人对应一个或者多个诊断,而一个诊断只能属于一个病人;一个诊断可以对应一个或者多个序列,而一个序列只能属于一个诊断;一个诊断可以包含一幅或者多幅图像,而一幅图像只能属于一个序列。

在考虑图像像素数据的存放时,有两种方案:作为一个类型为大二进制对象的字段直接放入数据库;利用文件系统,存储真正的图像数据,而数据库主要用来组织图像和维护图像的索引信息以及层次关系。

下面定性分析两种方案的优缺点:

对于第一种方案,把图像像素数据作为一个类型为大二进制对象的字段直接放入数据库,这样可以充分保证数据库的完整性,便于管理图像数据;利用数据库提供的

安全机制,防止非授权用户的使用和侵入,简化了应用的设计。但是如果每天产生的图像数据量比较大,数据库会急剧膨胀,造成数据库的维护困难,同时稳定性不能得到保证;由于图像像素数据存于一个大二进制字段,数据不便被共享和转移,并且一幅 $512 \times 512$ 的CT图像大小约512K字节,如果直接进行查询,速度相当慢。

对于第二种方案,作为图像文件存于文件系统,借助数据库管理文件的存放路径,具有访问灵活,便于图像的共享和访问,同时可以借助FTP机制,来实现图像文件的分布存储,可以在一定程度上缓解图像数据量大带来的问题;因为数据库只是辅助管理,仅保存文件的存放路径,数据量膨胀较慢,保证了数据库的稳定性,同时加快了图像相关信息的查询速度;采用多线程机制从FTP服务器来提取图像文件,响应图像的转移请求,可以得到较短的响应时间;但是由于文件系统本身的不安全性,必须额外开发应用或者借助操作系统的安全机制,如Windows NT用户管理机制,来管理用户的访问权限,保证系统的安全性。

在这里,我们采用数据库组织图像层次关系,FTP机制存储图像文件的方式来管理和存放图像。该方式的优缺点前面已经有所叙述。对于该方式,具体实现是在数据库中存放图像的层次关系和组织结构以及图像文件本身所在的FTP服务器地址和相对路径;同时利用FTP服务器的方式来组织图像文件。在响应图像访问时,首先通过数据库得到图像所在的FTP服务器地址和存放的相对路径,然后以FTP客户的身份下载所需图像。对于图像存储或者存档,首先利用FTP上载到FTP服务器,把其返回的FTP服务器地址以及相对路径,放入数据库的相应表格中。

### 5. miniPACS的系统功能

(1)图像的存档,具备短期的图像存储能力。图像存档服务器作为存储服务类的SCP,同时CT作为存储服务类的SCU,利用C-STORE服务,把图像以及相关信息封装于C-STORE-RQ请求消息中,发送该消息到图像存档服务器,图像存档服务器把图像进行存档,并返回C-STORE-RP响应消息。辅助诊断工作站也可以完成类似CT的存档操作。

(2)图像的查询(Query)/提取(Retrieve)。CT和辅助

诊断工作站可以使用C-QUERY和C-MOVE,查询和提取图像存档服务器的图像。图像存档服务器作为查询/提取服务类的SCP,同时CT和诊断工作站作为DICOM查询/提取服务类的SCU。CT和辅助诊断工作站把查询条件/提取条件封装于C-FIND-RQ/C-MOVE-RQ请求消息中,图像存档服务器受到该请求消息后,根据其中包含的查询/提取条件,执行查询/提取操作,并返回包含操作结果的C-QUERY-RP/C-MOVE-RP响应消息。

(3)共享打印机进行胶片打印。KODAK MLP-190激光照相机作为打印管理元服务类的SCP,提供胶片打印服务。CT、辅助诊断工作站和图像存档服务器作为打印管理元服务类的SCU,使用SCP提供的打印服务,完成胶片的打印工作。

(4)辅助诊断。图像存档服务器具有强大的图像处理能力,可以作为一台辅助诊断工作站的进行图像的后处理。

## 6. 运行结果

miniPACS成功构建后,图像存档服务器运行正常,具备了PACS的基本功能,可以进行上述操作,比如图像存档、图像查询/提取、胶片打印等,起到了提高效率,辅助诊断的作用,最重要的是它的运行成功验证了DICOM网络通信模型的可行性与正确性,为后期构建部分PACS和完整的APCS积累了经验。

## 四、小结

通过研究和分析DICOM标准,我们开发了一个实验性的图像存档服务器,并结合湖南某家医院CT室的条件构建了一个miniPACS。在设计和实现miniPACS过程中,我们掌握了构建PACS的一些经验,同时也加深了我们对DICOM标准和PACS的理解,为下一步的工作打下了坚实的基础。■

### 参考文献

- 1 赵喜平,郑崇勋,毛松寿, PACS的发展趋势,中华放射学杂志,1998年第32卷第1期
- 2 83届北美放射学会医学影像学设备发展动态,卫生部影像装备专家组,中华放射学杂志,1998年第32卷第3期
- 3 Digital Imaging and Communications in Medicine-99's final draft,PS3.1-