

医学图像传输协议 DICOM 标准的运行机制^{*}

曾海标¹, 张 海², 关伟豪¹

(1. 中山大学信息与网络中心, 广东 广州 510275;

2. 南方医科大学网络中心, 广东 广州 510515)

摘 要: 医学影像归档及通信系统(PACS)是国内医学数字图像处理及传输领域的一个研究热点。数字成像及通信协议(DICOM3.0)是医学数字图像及传输领域的国际标准,几乎所有的医疗设备都支持DICOM协议。主要探讨PACS底层图像传输服务——DICOM协议的运行机制,说明PACS系统如何实现图像的归档和通讯。

关键词: 医学图像; PACS; DICOM

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579(2005)S2-0116-06

1 概 述

医学数字成像与通信(Digital Imaging and Communications in Medicine, DICOM)标准的制定和发展与图像归档与通信系统(Picture Archiving and Communication Systems, PACS)的发展有密切的联系。

早在1982年下半年,美国放射学会(ACR)和美国国家电气制造商协会(NEMA)联手成立数字图像和通信标准委员会。该委员会由分别代表医学成像设备用户和制造商的放射学家和厂商专家组成,致力于制定数字成像设备接口的有关标准。在Agfa、Kodak、Ge、Philips、Siemens、Sony等公司的积极参与下,该委员会分别于1985年、1988年发布了ACR-NEMA1.0、ACR-NEMA2.0的ACR-NEMA标准的两个版本。该标准是医学图像领域的第一个综合性标准。1992年,ACR-NEMA在北美放射学会(RSNA)上展示了上述标准的第三个版本,该版本后来被正式命名为DICOM3.0,也就是我们常说的医学数字成像及通信标准。DICOM3.0的制定是医学图像处理领域标准化的一个重大里程碑。同时,DICOM3.0的制定也参考了其它国际标准化组织制定的标准以及放射领域之外的医疗卫生标准(如HL7等)。DICOM3.0标准总结现有的医学图像领域的其它标准,兼顾并吸收它们的长处,同时改正了前两个版本ACR-NEMA1.0、ACR-NEMA2.0的不足之处,成为第一个被广为接受的全球性医学数字成像和通信标准。

在这里,本文通过分析DICOM应用结构模型及其运行机制,提出了一种DICOM网络通信模型。

首先介绍DICOM协议结构模型,然后详细介绍DICOM的运行机制。

2 DICOM 协议结构模型

为了传输医学图像,DICOM标准定义了基于ISO/OSI协议模型和TCP/IP协议模型的网络通信协议和消息交换机制。从图1中可以看出,DICOM应用实体属于现行网络协议分层模型的应用层。为了实现DICOM应用实体间的通信,针对ISO/OSI协议模型,DICOM标准使用OSI表示层内核、会话层内核以及扩充定义的关联控制服务元素(ACSE),提供OSI上层协议服务;针对TCP/IP协议模型,DICOM标准定义了TCP/IP上层协议,提供类似OSI的上层服务。DICOM应用实体使用上层服务完成消息交换和信息传输。

DICOM采用面向对象的思想定义了信息对象定义(IOD)、服务对象对类(SOP)、服务类等基本概念和数据结构。DICOM应用实体的运行和交互是基于客户/服务器模型的,在这里,DICOM分别称之为服务类使用者(SCU)/服务类提供者(SCP)。SCU/SCP使用DICOM定义的消息机制完成相关信息的交换。结合DICOM应用实体模型、DICOM应用实体的运行机制以及现行的TCP/IP网络协议分层模型,图2为DICOM网络通信模型。

在实现时,我们将按照DICOM网络通信模型的层次结构,依次实现TCP Socket层、DICOM上层协议层、DICOM消息交换层以及SCU/SCP层的功能。

^{*} 收稿日期: 2005-09-10

作者简介: 曾海标(1968年生),男,高级工程师; E-mail: bill@sysu.edu.cn

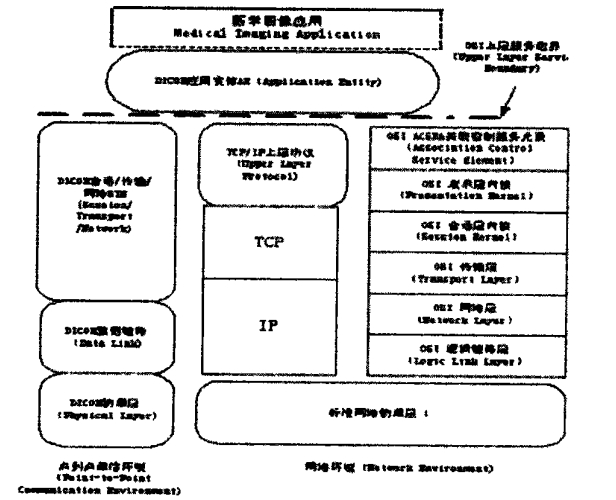


图 1 DICOM 协议结构

Fig 1 The architecture of DICOM protocol

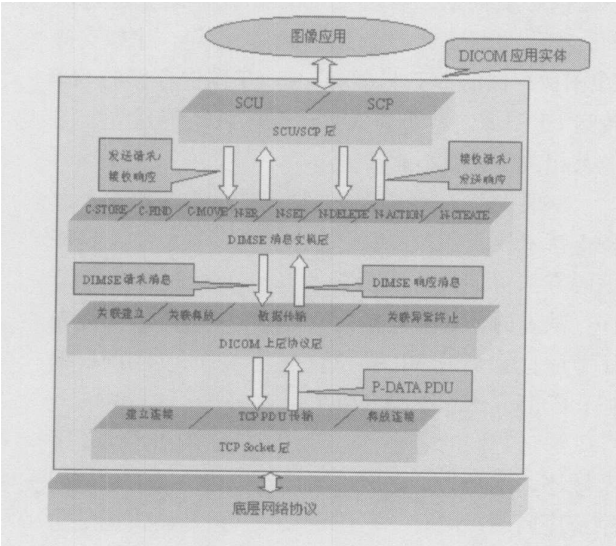


图 2 DICOM 网络通信模型

Fig 2 The model of DICOM communication network

3 DICOM 的运行机制

DICOM 应用基于面向对象的客户/服务器结构完成 DICOM 功能。客户提出功能请求，服务器接收并处理请求。支持 DICOM 标准的设备可以作为客户端、服务器或者既是客户又是服务器。在 DICOM 术语中，客户和服务类分别被称为服务类使用者 (SCU) 和服务类提供者 (SCP)。

DICOM 依赖面向对象机制和网络传输协议完成协议中定义的功能。所有信息封装于被称为信息实体 (IE) 模块的“对象”中，借助 OSI 协议或者 TCP/IP 协议传输这些信息。DICOM 消息服务元素 (DIMSE) 通过操作信息对象定义 (IOD) 来完成信息交换。DICOM 通过交换关联协议数据单元完成关联的初始化和终止工作。这里，关联是 SCU 和

SCP 为了交换数据，二者协商建立的一条通道。SCU 的请求消息和 SCP 的响应消息都是通过这条关联交换的。虽然使用可移动媒体或者点到点连接（在 3.0 版本中已被淘汰）来传输数据，与使用网络传输数据，它们都使用同一 IOD，但是它们有着不同的行为。SCU 和 SCP 之间交互的简单流程如下：SCU 在准备好发送，并且 SCP 这时已经启动，正等待来自 SCU 的请求，

第一步，SCU 请求建立关联，SCP 接收关联建立请求，这时关联建立成功。

第二步，SCU 发送数据，SCP 接收数据（一幅或者多幅图像）。

第三步，终止 SCU 和 SCP 之间的关联。

3.1 应用实体标识

每台支持 DICOM 标准的设备都有一个名字（在 DICOM 术语中，称为应用实体标识，AET）。这个名字是由那些可打印的 ASCII 字符组成，并且长度不能超过 16 个字符。比如，一台设备可以使用“LANDWIND SCP”作为它的应用实体标识。特别注意，这个名字不同于设备的主机名。在 WIN95 中，文件“Windows \host”列出了主机名和相应的 IP 地址；在 NT 系统中，文件“% SystemRoot % \system32 \drivers \etc”列出了相应的主机名和 IP 地址。因此，“LANDWIND SCP”可能对应网络主机名“SYSTEM4”，IP 地址为 172.26.20.60。

3.2 数据元素

基本的 DICOM 数据单位是数据元素。每个数据元素包含特定的信息，如病人姓名、病人 ID 等。一个数据元素对应数据字典的一项，比如包含病人姓名的数据元素在数据字典中对应（表 1）。

表 1 数据元素结构

Tab 1 The structure of data element

元素标识(Tag)	元素名(Name)	值表示(VR)	多值性(VM)
(0010, 0010)	Patient's Name	PN	1

DICOM 标准 PS3.6 数据字典，定义了数据字典的内容。经过编码，IOD 的每个属性至少包含 3 个域：数据元素标识、值长度、值域。对于显式 VR 的传输语法（关于传输语法下面有介绍），数据元素还应该包含一个 VR 域。在标准 PS3.5 数据元素和编码中有数据元素的描述。一个数据元素表示现实物体的一个属性。

(1) 组号和元素号。数据元素标识由一对称为组号 (group number) 和元素号 (element number) 的 16 位十六进制整数组成。标识的习惯写法是括号中包含一对十六进制整数，二者之间用逗号分

开。比如，病人姓名的标识是（0010， 0010），其中 0x0010 和 0x0010 分别是组号和元素号。

（2）值表示（Value Representation）。VR 说明了数据元素的类型。VR 可以是病人姓名（PN）、年龄（AS）、日期（DA）、带符号的长整型（SL）、无符号短整型（US）等。PS3.5 数据元素和编码的表 6.2-1 列出了所有的 VR。

（3）多值性（Value Multiplicity）。VM 指明数据元素可以包含的元素值的数目。例如，病人姓名（0010， 0010）和病人标识（ID）（0010， 0020）必须是单值。因此，这些元素的 VM 为 1，然而像其他病人 ID（0010， 1000）和其他病人的姓名（0010， 1001）这类数据元素可以包含多个值。因此这些元素的 VM 是 1 到多（DICOM 术语称之为“1n”）。数据元素包含一个还是多个值，取决于 VM。数据元素的类型取决于 VR。例如，“23Y”和“张三”可以作为病人年龄（VR 是 AS，其中“Y”（Year）表示年）和病人姓名（VR 是 PN）的值。

（4）数据元素序列（Sequence）。VR 为序列（SQ）的数据元素是一种特别的数据元素。它们包含一个预定义的数据元素列表。例如，被引用的诊断序列（0008， 1110）包含一个由两个数据元素组成的列表—被引用的 SOP 类 UID（0008， 1150）和被引用的 SOP 实例 UID（0008， 1155）。因此，序列是一个由数据元素组成的嵌套列表，并且这种嵌套可以是多级的，即序列可以包含一个由几个序列组成的列表，可以参看图 3 序列结构。

请求 SCP 为其提供的一系列服务（服务标识将以抽象语法的形式进行编码）以及 SCU 为每种服务提议的传输语法发送到 SCP。抽象语法和传输语法将在下面解释。SCU 还必须知道 SCP 的监听端口和主机名（或者 IP 地址）。在实现 DICOM 协议时，SCU 应该保存 SCP 的 AET 到它的服务监听端口号和 IP 地址的映射表。

每个 DICOM 设备都可能支持多个服务，像 CT 图像存储、CT 图像的查询/提取、图像胶片打印、病人管理等，不过 SCU 和 SCP 提供的服务形式不同，SCU 将作为服务的客户方，向作为服务方的 SCP 提出服务请求，SCP 为 SCU 完成服务，并把服务操作的结果发送到 SCU。这些服务的标识信息将以抽象语法的形式进行编码。SCU 和 SCP 在交换信息之前必须根据二者所支持的 DICOM 服务进行协商，如果协商成功，才能进行后续操作，比如支持 CT 图像存储的 SCU 只能和支持 CT 图像存储的 SCP 传送 CT 图像，若协商失败，关联将不能建立，图像及相关信息就不能传输。

一般，对于每种服务，即上述的抽象语法，设备支持一种或者多种编码方法，即传输语法。这些编码方法可能是：①值表示（VR）低位优先字节序（缺省的，必须支持的）；②显式 VR 低位优先字节序；③显式 VR 高位优先字节序；④JPEG 编码；⑤游程压缩编码（RLE）。

通过它们的名字，可以看出传输语法定义了字节顺序，这是为了克服不同计算机系统结构带来的字节序问题。同时，它还定义了 VR 是显式还是隐式以及采用何种压缩格式来编码图像像素数据等。不同的抽象语法可以使用不同的传输语法编码。但是每种 DICOM 设备必须支持隐式 VR 低位优先字节序传输语法。对于该缺省的传输语法，VR 将不作为数据的一部分被传输，它将根据数据元素的标识从数据字典中查到。

3.4 唯一标识（UID）

唯一标识是一个由数字 0—9 和“.”组成的字符串，例如“1.2.840.10008.1.2”。所有的抽象语法和传输语法都有唯一标识，用来相互区别，保证其唯一性。在 DICOM 标准草案 PS3.6 数据字典的附录 A 说明了 UID 的定义、格式、分类以及所有抽象语法和传输语法的 UID 等。对于 DICOM 定义的那些 UID，用户不能另作它用，但是用户可以按照 UID 的定义规则自己定义私有的 UID，用来标识自己的特有信息。

3.5 关联协议数据单元

SCU 和 SCP 的 DICOM 一致性声明列出了它们

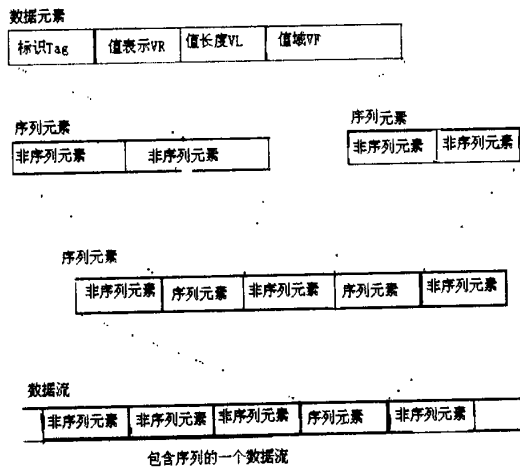


图 3 数据元素序列结构

Fig. 3 The architecture of element sequence

3.3 抽象语法和传输语法

在建立关联时，SCU 把自己的 AET 作为呼叫 AET，把 SCP 的 AET 作为被呼叫 AET，还有 SCU 所

所支持的呼叫 AET、被呼叫 AET、SCP 的监听端口号、主机名、应用上下文、抽象语法和传输语法等。SCU 把这些数据编码后封装于关联建立请求 (A ASSOCIATE RQ PDU) 中, 把该请求发送到 SCP。SCP 收到该关联建立请求后, 它将检查呼叫 AET 的合法性和访问权限。同时它还检查它对请求中的应用上下文的支持程度, 是部分支持还是完全支持, 并根据检查的结果, 产生合适的响应。接收和拒绝该关联建立请求的响应信息分别封装于接收关联建立 (A ASSOCIATE AC PDU) 和拒绝关联建立 (A ASSOCIATE RJ PDU) 中, 然后 SCP 把这个 PDU 发送到 SCU。在这里, SCP 只是针对呼叫 AET、被呼叫 AET 或者一组请求应用上下文来决定

是否授予访问权限, 并没有定义其他的安全措施, 同时这些信息都应在 DICOM 一致性声明中给出。

如果关联建立成功, 即 SCU 收到来自 SCP 的接受关联建立 PDU, 那么 SCU 和 SCP 将使用两方协商成功的传输语法发送数据和接收数据。

在完成数据传输之后, SCU 发送释放关联请求 (A RELEASE RQ) 到 SCP, SCP 返回关联释放响应 (A RELEASE RP)。双方也可能使用关联异常终止 (A ABORT PDU) 来终止关联。图 4 说明了存储 SCU 和存储 SCP 交互的例子, 阐明了关联控制过程, 但是并没有给出所有的细节, 比如, 并没有列出关联异常终止的情况等。可以参见第五章 DICOM 上层协议层的实现。

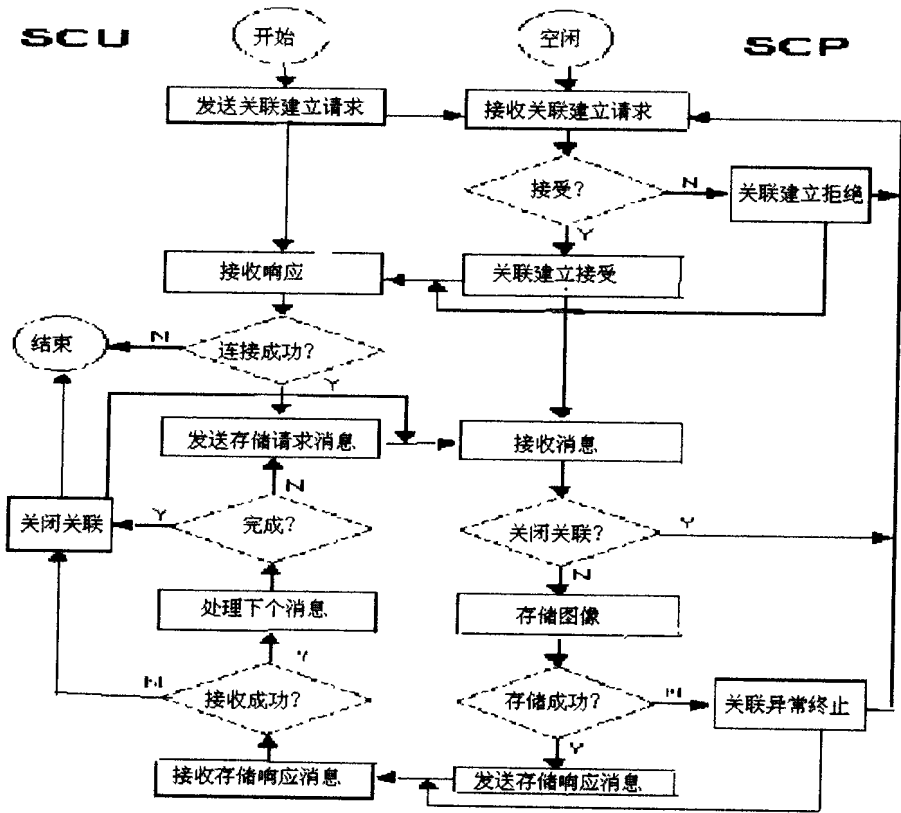


图 4 存储 SCU 和 SCP 的交互过程

Fig 4 The interactive process of the storage SCU and SCP

3.6 编码和解码

SCU 和 SCP 在交换数据时都要对数据进行编码和解码。数据编码后封装于数据传输协议数据单元 (P DATA TF PDU) 中。该 PDU 的编码依赖于 SCU 和 SCP 协商后的传输语法。图 5 说明了 P DATA TF PDU 的数据流。

3.7 信息实体 (IE) 模块

IE 模块包含一组逻辑相关的数据元素。病人

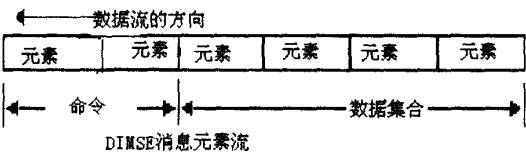


图 5 DIMSE 数据流格式

Fig 5 The format of DIMSE data stream

模块是 IE 模块的一个例子。它包含病人姓名 (0010, 0010)、病人 ID (0010, 0020)、被引用的病人序列 (0008, 1120) 等数据元素。DICOM3.0 标准不像 ACR NEMA2.0 标准, 组号没有特别的含义。一个 IE 可以包含组号不同的数据元素。为了简单起见, 不同 IE 之间没有明显的区别, 它们都作为数据元素的列表以数据集合的形式使用。

3.8 信息对象定义 (IOD) 模块

几个逻辑相关的 IE 组成一个 IOD 模块。例如, CT 图像 IOD 模块包含病人 IE 模块、诊断 IE 模块、图像 IE 模块等。这些以及其他相关的 DICOM 信息模型的概念在标准的 PS3.3 信息对象定义第 6 节和 RS3.5 数据元素和编码中有所描述。在这里, 要特别注意合成的 (composite) 和规格化 (normalized) 的 IOD 之间的差别, 因为这些差别与应用的实现紧密相关, 下面可以证实这一点。所谓合成的 IOD, 是指该 IOD 所包含的属性并不都是固有属性, 还有其他与固有属性相关联的属性, 比如 CT 图像 IOD, 它不仅包含图像的固有属性, 比如图像的高度, 宽度等, 还包含拥有该图像的病人的信息, 比如病人姓名、年龄等。规格化的 IOD, 是指那些只包含固有属性的 IOD, 比如用来打印胶片的胶片盒 IOD 等。

3.9 DIMSE 消息服务

数据元素、IE 以及 IOD 作为一个 DICOM 消息服务元素 (DIMSE) 的服务的数据被发送或者接收。DICOM 把数据元素、IE 和 IOD 所表示或者包含的属性以数据集合 (DataSet) 的形式进行编码。DIMSE 消息可以是合成的或规格化的, 分别称为 DIMSE-C 和 DIMSE-N。DIMSE-C 和 DIMSE-N 分别用来传送合成的 IOD 和规格化的 IOD。表 2 列出了几个 DIMSE 服务。

表 2 DIMSE 服务举例
Tab 2 The examples of DIMSE services

DIMSE-C 服务	DIMSE-N 服务
确认服务 (Echo)	分离的病人管理
CT、MR 图像存储	分离的诊断管理
以病人 为根的查询/提取	胶片打印
诊断内容通知	单独的覆盖 (Overlay) 存储

DIMSE 消息包含两个部分: 命令部分和数据部分, 它们的数据格式都是数据集合, 不过通常我们称命令部分为命令集合。命令部分是由一组命令数据元素构成。所有命令数据元素的组号是零。因为数据集合/命令集合中的数据元素/命令元素按照组号和元素号由小到大的顺序排列, 所以 DIMSE 消

息的命令集合总是领先于紧跟其后的数据集合。

3.10 服务类概述

所有 DICOM 应用都通过使用服务类的功能来实现。例如, 一个应用通过存储服务类来发送和接收图像, 同时它还可能使用打印服务类来打印图像。所有服务类通过一组服务对象对 (Service-Object Pair, SOP) 类来定义。这里, 术语间的相似性可能会产生混淆。正如后面介绍的, SOP 类可以看作 SCU 和 SCP 之间的“并行管道”。

现在考虑仅能处理 CT 图像和 MR 图像的一个 PACS 应用。该应用通过 CT 和 MR 图像存储 SOP 类创建一条关联。在成功地创建一条关联之后, 该应用可以发送和接收图像。参照“并行管道”和 SOP 类的相似性, 我们可以这样认为该 PACS 应用通过 CT 图像存储 SOP 类这个管道来发送或者接收 CT 图像。同样, MR 图像通过 MR 图像存储 SOP 类这个管道被发送或者被接收。

建立“管道”的方法也是一种用来定义 DICOM 应用功能的方法。上述 PACS 应用不要求处理核医学图像, 因此它不用打开那条处理核医学图像的“管道”——核医学图像存储 SOP 类, 相应地也就不能发送/接收任何核医学图像。

通过上述例子, 我们阐述了如何在关联建立时通过限制 SOP 类来实现存储服务类的一个功能子集。这个概念可以扩展到使用多个服务类实现 PACS 应用的情况。这里我们假设服务提供者 SCP 是一台可以存储图像到远端的胶片打印机。那么, 该应用既可以打印图像, 又可以发送图像进行存储。这要求该应用支持打印服务类和存储服务类。一个典型的灰度胶片打印机支持基本灰度打印管理元 SOP 类。在创建关联时, SOP 类应局限于表 3 列出的各类 (表 3)。

表 3 SOP 类
Tab 3 SOP class

服务类 SOP 类	SOP 类 UID
存储 CT 图像存储	1.2.840.1008.5.4.1.1.2
MR 图像存储	1.2.840.1008.5.4.1.1.4
打印 基本灰度打印管理元 SOP 类	1.2.840.1008.5.1.1.9

上述例子的 SOP 类局限于存储和打印服务类。其他服务类的“管道”不用打开, 因此涉及其他服务类的操作, 比如查询/提取, 不能被执行。DICOM 应用担当 SCU、SCP 或者 SCU/SCP。特别地, SCP 应是一个多线程或者多进程的应用, 这样它才能同时为多个 SCU 提供多条关联。因为 SCU 可能异步地建立关联, 所以 SCP 通常作为一个后

台任务，以服务（对于 NT 而言）或者守护程序（对于 UNIX 而言）被启动，等待 SCU 的请求。大多数 SCU 是简单的单线程应用，它们的功能仅局限于一个特定的任务。

DICOM 协议为 PACS 系统的实现提供底层的通讯协议和基本服务的标准，为 PACS 的开放性和可扩展性提供了强有力的保证，使我们可以在此基础上更高层次的应用服务，集中精力来解决其它应用中面临的棘手问题，如医学图像的存储管理、PACS 系统的安全问题等。

参考文献：

[1] ACR-NEMA. Digital Imaging and Communications in Medicine, PS3. 3: Information Object Definition[EB/OL] ,

2004.
[2] ACR-NEMA. Digital Imaging and Communications in Medicine, PS3. 4: Service Class Specification[EB/OL] , 2004.
[3] ACR-NEMA. Digital Imaging and Communications in Medicine, PS3. 5: Data Structure and Encoding[EB/OL] , 2004.
[4] ACR-NEMA. Digital Imaging and Communications in Medicine, PS3. 7: Message Exchange[EB/OL] , 2004.
[5] ACR-NEMA. Digital Imaging and Communications in Medicine, Part 3. 8: Network Communication Support for Message Exchange[EB/OL] , 2004.
[6] ACR-NEMA. Digital Imaging and Communications in Medicine, Part3. 18: Web Access to DICOM Persistent Object [EB/OL] , 2004.
[7] 黄志聪, 庄天戈. DICOM 标准的发展及最新的变化[J] . 中国医疗器械杂志, 2004 28(3): 205

Operation Mechanism of DICOM Protocol

ZENG Hai biao¹, ZHANG Hai², GUAN Wei hao¹

(1. Network Center of Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China;
2. Network Center of South Medical University, Guangzhou 510515, China)

Abstract: Picture Achieving and Communication Systems (PACS) is a hot point in the field of processing and transmission of digital medical images. Digital imaging and Communications In Medical (DICOM3. 0) protocol is an internal standard for processing and communication of medical images, and almost all the medical modalities must support DICOM protocol. This article discusses the operation mechanism of DICOM protocol that supports basic services in PACS.

Key words: medical image; PACS; DICOM