

# 基于 DCMTK 显示医学影像软件的实现

夏珺芳

(同济大学 电子与信息工程学院, 上海 201804)

**摘要:** DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) 是一种医学数字影像存储与通信国际标准, CT、MR、US 等成像设备都支持 DICOM 格式的文件存储图像。目前, 医院信息系统、放射系统等大部分医学系统通常都是建立在 Windows 平台下, 然而 DICOM 文件不能被 Windows 系统上的通用软件识别。因此, 基于 Windows 平台开发一个显示医学图像软件有其现实意义。DCMTK 开源工具基本实现了 DICOM 协议, 文中提出了采用 VC++6.0 开发环境调用 DCMTK 库实现 DICOM 影像显示功能。概述了 DICOM3.0 标准, 分析了 DICOM 文件格式和图像显示技术, 给出了图像显示结果, 并做了相应的调窗处理。

**关键词:** DICOM; DCMTK; 医学影像; 数字化; 调窗

**中图分类号:** TP391; R445

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2011)03-0048-04

## Realization of the Software in Displaying Medical Image Based on DCMTK

XIA Jun-fang

(Dept. of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

**Abstract:** DICOM is the international standard of digital medical image storage and communication, almost all the outputs of the computerized tomography (CT), magnetic resonance (MR), ultrasonography (US) are saved as DICOM format. However, the DICOM format files can't be opened by the original software of Windows OS. And such like: hospital information system, radiology information system based on Windows OS need the function of displaying medical image. It is useful that develop the software based on Windows OS to display the medical image. DCMTK is the open source of software tool for DICOM protocol. Finish the displaying function of DICOM medical images with DCMTK library, all the practices are based on VC++ 6.0 platform. This paper mainly analyzes the DICOM format file based on DICOM3.0, and the technique of displaying image. Finally, in this paper verifies that the DICOM files can be displayed, the window values of them can be adjusted.

**Key words:** DICOM; DCMTK; medical image; digital; window-level rescale

## 0 引言

随着数字影像和计算机通信技术的高速发展, 医院的信息化建设推进了 PACS (Picture Achieving and Communication System) 系统的广泛应用。PACS 取代传统的胶片传输方式, 以数字化的形式存储、显示和传输医学影像, 使得医疗诊断更加有效、快捷。PACS 遵循 DICOM 标准, 促使不同医学影像设备可以互操作。DICOM 格式的医学图像与通用图像的格式不同, 普通计算机不能直接显示 DICOM 医学图像。文中设计了一个软件, 使得 DICOM 医学图像可以在通用计算机上得以显示。

DCMTK (Dicom Tool Kit) 是由德国 OFFIS 公司提供的开源项目, 提供了实现 DICOM 协议的一个平台。DCMTK 提供了在各种操作系统平台下开发的可能版本, 使得用户可以根据自己的开发平台进行编译。利用 DCMTK 可以减少用户解析 DICOM 协议的时间。该软件在 Windows XP 环境下以 VC++6.0 为开发平台, 调用库 DCMTK 3.5.4 版本。

## 1 DICOM 文件的基本格式

DICOM 模型采用实体-关系模式 (Entity-Relationship, 简称 E-R)。一个 E-R 关系的实体代表一个现实世界对象、现实世界对象类或 DICOM 数据表现 (一个信息对象实体 IOD 或模块)<sup>[1]</sup>。关系, 定义实体之间如何发生关系。DICOM 文件是遵照 DICOM 标准而存储的医学图像文件。DICOM3.0 标准中的第十部分描写 DICOM 文件格式。DICOM 文件一般由 DICOM

收稿日期: 2010-07-25; 修回日期: 2010-10-15

作者简介: 夏珺芳 (1986-), 女, 浙江永康人, 硕士研究生, 研究方向为医学图像处理、软件工程; 导师简介: 陈闯中, 教授, 研究方向为软件工程、面向对象程序设计、操作系统。

文件头和 DICOM 数据集合组成。

文件头包含了封装数据集的标识信息。DICOM 文件头由 128 个字节的文件前言组成。紧跟着的是 4 个字节的 DICOM 前缀“DICM”,被作为 ISO 8859 GO 字符指令进行编码<sup>[2]</sup>。这个前缀可以作为判断是否 DICOM 文件。一般在这个前缀之后便是 DIOCM 文件元信息。

一个数据集描述了现实世界信息对象(IOD)的单个实例。数据集由多个数据元素组成。数据元素包含了数据标签、数据描述、数据值长度、数据值域(如图 1 所示)。

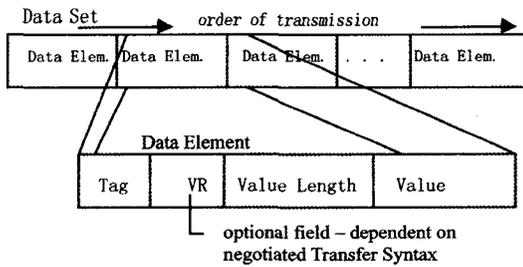


图 1 DICOM 数据集和数据元素

数据集中的数据元素由数据标签唯一标识,并依此标签号码递增排列。DICOM 将图像数据、图像参数和与之相关的信息分为若干个组,常用的数据组有 0002 组描述设备通讯组,0008 组描述特征参数组,0010 组描述患者信息组,0028 组描述图像信息参数组,7FE0 组描述图像数据组<sup>[2,3]</sup>。数据组分为奇数组和偶数组,其中偶数组用于特定语义的信息组,奇数组则留给制造商自定义信息组。每个组包含了对该类信息进行具体描述的不同单元。标签由组号和单元号构成。数据描述分为显式(Explicit VR)和隐式(Implicit VR)两种,取决于传输语义(Transfer Syntax),指明数据类型。数据在显式传输时 VR 存在,隐式传输时 VR 为空。在 DICOM 中定义的数据类型有 AS(Age String)、CS(Code String)、PN(Person Name)、DA(Date)、DS(Decimal String)。通过以上分析可以得出需要查找相应的数据内容,先查找到 4 个字节的标签,然后读取指定长度的数据值体,即数据内容。在 DICOM 文件读取中常用到的数据内容如表 1 所示<sup>[2]</sup>。

可以用 UltraEdit 工具打开一个 DCM 文件,就可以看到十六进制的编码,其中包含了一些数据元素信息,病人姓名、设备制造商、医院名称等。例如打开 \*.dcm,找到如下一串数字,代表一个数据元素。00 80 00 70 4C 4F 00 16 45 61 73 74 6D 61 6E 20 4B 6F 64 61 6B 20 43 6F 6D 70 61 6E 79。0080 0070 是代表设备制造商的标签,4C 4F 是数据类型,00 16 是数据长度,其余的是 ASCII 码,其对应的字符串是:Eastman Kodak

Company。要注意的一点是每个数据元素的标签的数据地址是随机的,不一定是 4 的倍数。DCMTK 开发包中提供一个 dcmdump 工具,可以解析 DCM 文件。取其中的片断例子如图 2 所示(通过 cmd 截取)。

表 1 常用属性编码

组号	单元号	内容
0002	0010	传输语义
0008	0060	成像模式(CT 或 DR)
0028	0010	图像行数
0028	0011	图像列数
0028	0100	像素分配的位数
0028	0101	像素存储的位数
0028	0101	像素存储最高位
0028	1050	窗口(WindowCenter)
0028	1051	窗位(WindowWidth)
7FE0	0010	图像像素数据

group number	element number	tag	VR	value	value length
(0028, 0100)	US	16		# 2, 1 BitsAllocated	
(0028, 0101)	US	12		# 2, 1 BitsStored	
(0028, 0102)	US	11		# 2, 1 HighBit	
(0028, 0103)	US	0		# 2, 1 PixelRepresentation	

图 2 DCM 文件解析结果

## 2 DIB 位图

DIB 位图是计算机中通用的位图文件格式。DIB 位图文件有位图文件头(BITMAPFILEHEADER)、位图信息头(BITMAPINFOHEADER)、颜色表(RGBQUAD)、图像数据(IMAGEDATA)<sup>[4,5]</sup>。其中位图文件头和位图信息头构成位图信息。位图文件说明了文件的组成信息;位图信息头说明了图像数据的基本信息;颜色表则描述了图像显示的彩色信息,即红、绿、蓝三颜色分量。

位图文件读入内存的过程:1)先从文件头中得到 3 个主要的图像参数,即图像的宽度、高度和每像素位数,由它们构成位图信息头;2)转换位图的颜色表格式的调色板数据,两者构成位图信息;3)由位图信息建立内存位图,最后将图像数据读入内存位图,调色板数据也可以建立内存位图后再读入。

## 3 DICOM 文件读取及 DIB 显示

### 3.1 DICOM 文件读取

DCMTK 中包含了不同功能的子工具包。其中 dcmdata 工具包主要处理 DICOM 数据的解码和编码。DcmFileFormat、DcmDataset、DcmItem、DcmElement 分别是该包中的四个接口类。DcmFileFormat 类主要负责处理 DICOM 文件格式,提供了 loadFile() 函数可以读

入 DICOM 文件。DcmDataset 类实现 DICOM 数据集处理功能。通过这两个类可以读取 DICOM 文件中的各种信息,如:病人姓名。getDataset()->findAndGetOFString(DCM\_PatientsName, patientsName) 可以获取文件信息中的病人姓名。DCM\_PatientsName 是一个宏定义标识符,描述的是 DICOM 的属性标签(0x0010, 0x0010)。变量 patientsName 存储找到的数据元素值, patientsName 定义为 OFString 类型。OFString 类是一个简单的 string 类,实现了 std::string 的一个子集。dcmimgle 是一个图像处理模块,支持 DICOM 图像的访问和显示。主要接口类有 DicomImage 和 DiDisplayFunction。DicomImage 类主要目的是 DICOM 图像显示。其中 DicomImage::createWindowsDIB() 将 DICOM 数据转化为 DIB 位图。转化后的图像数据以 DIB 格式存在,就可以通过 DIB 位图显示 API 在通用显示器上得到显示。图 3 为显示结果。



图 3 DICOM 文件显示结果

### 3.2 DICOM 数据转化

DICOM 格式是以字为单位存储图像数据,因此在通用计算机上不能直接显示,必须进行数据转换处理。如图 4 所示灰度图像像素值转化图。医学图像数据动态范围大(像素深度通常都不低于 4096 灰度级),一般通用计算机上的显示器达不到这个显示范围,只能达到 2 的 8 次方种颜色<sup>[4,6]</sup>。所以必须对图像数据进行窗宽、窗位动态调整,把窗口区域的图像数据通过映射转换到显示器的最大显示范围内,这样就可以观察到医学图像的全局信息。

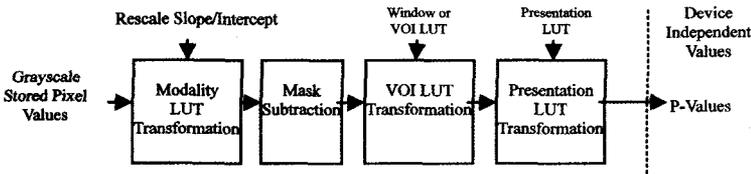


图 4 灰度图像像素值转化图

数据转换处理过程中,要将医学图像转化为 256 色的灰度图像。如果位分配值大于 8 位,则截取高位部分将其转化为 8 位。如果位分配小于 15,则分割为两部分,每部分按 8 位来存储。对于特殊的图像如(CT 图像),需要先转化为 Housfield 值(CT 图像的亨斯菲尔德单位),可以通过公式(1)进行线性变换。两个重要的标签(0028,1052)和(0028,1053),分别描述

了 RescaleIntercept 和 RescaleSlope 值,重新比例截距和重新比例斜率<sup>[7]</sup>。

$$\begin{cases} fValue = (* pixelData) * fRescaleSlope + fRescale - \\ Intercept * pixelData ++ = (short) fValue \end{cases} \quad (1)$$

这个变换过程在 DICOM 标准中称为模式 LUT(查找表)变换,将制造商依赖的像素值转化为非制造商依赖的像素值。在 DCMTK 工具包中的 DicomImage 类构造函数中实现了这个变换过程。DicomImage(DcmObject \* object, const E\_TransferSyntax xfer, const double slope, const double intercept, 0, 0, 0), 针对需要进行模式转化的图像。

VOI LUT(Value Of Interest LookUp Table)的变换过程,主要是从模式像素值到对打印、显示等有意义的像素值的变换。这个变换发生在任何模式 LUT 之后。当变换是线性的,VOI LUT 由窗口中心(0028,1050)和窗口宽度(0028,1051)描述。当变换是非线性的,VOI LUT 由 VOI LUT 序列(0028,3010)描述。

用窗宽(窗口宽度)和窗位(窗口中心)来描述图像是一种简单的描述方法,窗宽窗位又叫做对比度和亮度。窗口中心(0028,1050)和窗口宽度(0028,1051)指定了从存储象素值到显示值的一个线性转换。窗口中心包含窗口中心的象素值,窗口宽度包含窗口的宽度值。可以通过公式(2)进行线性变换。 $v$  为图像数据, $G$  为显示器显示值, $g$  为显示器的最大显示值(一般为 255), $w$  为窗宽, $c$  为窗位<sup>[8,9]</sup>。

$$G(v) = \begin{cases} 0, & v < c - w/2 \\ g(v + w/2 - c)/w, & c - w/2 \leq v \leq c + w/2 \\ g, & v > c + w/2 \end{cases} \quad (2)$$

DCMTK 中 DicomImage::setWindow(const double center, const double width) 函数实现了窗宽、窗位的调节。如图 5 所示调窗后显示结果。



图 5 调窗显示结果

如果 DICOM 文件中未指定窗口中心(0028,1050)和窗口宽度(0028,1051)的值,那么可以通过计算出图像数据的最大值  $nMax$  和最小值  $nMin$ ,将这个最大值和最小值范围内的数据映射到 0 ~ 255 灰度范围内显示。公式(3)如下:

$$G(v) = \begin{cases} 0, & v < nMin \\ (v - nMin) * 255 / (nMax - nMin), & (3) \\ nMin \leq v \leq nMax, & v > nMax \end{cases}$$

DicomImage 类中提供 setMinMaxWindow(0) 函数来实现这个功能。该函数中自动计算了图像像素最大最小窗口值。

#### 4 结束语

根据 DICOM3.0 标准,介绍了 DICOM 文件格式和医学图像显示的 DIB 技术。DCMTK 工具包基本实现了 DICOM 协议,其中为 DICOM 图像的显示和图像处理提供了许多不同的方法,可以进一步深入研究,对提高开发效率、速度大有帮助。目前许多医疗公司都在 DCMTK 的基础上根据自己公司的产品特点开发了一套图像处理库。另一方面,医学图像显示是数字化放射系统、医疗诊断系统等各种医疗系统中的重要一环。如何提高在异构多处理器上的并行处理功能和如何使该模块可以集成到不同系统中,以及提高 DICOM 图像在网络系统中的传输效率等将是进一步研究方向<sup>[10,11]</sup>。同时正确读取 DICOM 文件为医学数字图像处理、三维重建和 PACS 系统开发等奠定了基础<sup>[12]</sup>。

#### 参考文献:

[1] National Electrical Manufacturers Association. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) [C]//1300 N.

(上接第 47 页)

[10] Akyildiz I F, Uzunalioglu H, Bender M D. Handover management in Low Earth Orbit (LEO) satellite networks[J]. Mobile Networks and Applications, 1999, 4(4): 301-310.

[11] Restrepo J, Maral G. Cellular Geometry for World-wide Coverage by Non-GEO Satellites Using Earth-fixed Cell Technique[J]. Space Communications, 1996, 14(3): 179-189.

[12] Ekici E, Akyildiz I F, Bender M D. A multicast routing algorithm for LEO satellite IP networks[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2002, 10(2): 183-192.

[13] Korcak O, Alagoz F. Virtual topology dynamics and handover mechanisms in earth fixed LEO satellite systems[J]. Computer Networks, 2009, 53(9): 1497-1511.

[14] Re E D, Fantacci R, Giambene G. Efficient dynamic allocation techniques with handover queuing for mobile satellite networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1995, 13(2): 397-405.

[15] Hong D, Rappaport S. Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and non-prioritized handoff procedures[J]. IEEE Transaction on Vehicular technology, 1986, 36(3): 77-92.

[16] Restrepo J, Maral G. Guaranteed handover (GH) service in a

17<sup>th</sup> Street Rosslyn, Virginia, USA:[s. n.], 2003.

[2] 徐潘辉,林峰. DICOM 医学数字图像格式与 BMP 通用图像格式转换软件的设计与实现[J]. 医疗设备信息, 2006, 21(3):1-5.

[3] 王立功,刘伟强,于甬华,等. DICOM 医学图像文件格式解析与应用研究[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(29): 210-217.

[4] 张允赛,赵志峰,陈福民. DICOM 医学图像的 DIB 显示技术[J]. 计算机应用研究, 2003(2): 75-76.

[5] 王占全,徐慧. 精通 Visual C++ 数字图像处理技术与工程案例[M]. 北京:人民邮电出版社, 2009: 8-19.

[6] 肖红. 医学图像的格式转换与分析处理[D]. 北京:北京交通大学, 2008.

[7] Liu Boqiang, Zhu Minghui, Zhang Zhenwang, et al. Medical Image Conversion with DICOM[M]. Shandong Univ, 2007.

[8] 王光飞,刘杰,刘文. DICOM 医学图像的调窗技术及 DIB 显示[J]. 医疗装备, 2005(8): 1-4.

[9] 黄荔丽,王博亮,黄晓阳. 基于 DICOM 格式的肝脏肿瘤 CT 图像分割[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(1): 48-51.

[10] 吴健,崔志明. 医学图像的网络传输研究[J]. 微机发展, 2003, 13(8): 117-118.

[11] Mustra M, Delac K, Grgic M. Overview of the DICOM Standard[C]// University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing Department of Wireless Communication Unska, Zagreb, Croatia, 2008: 39-44.

[12] 伍亚军,周正东,戴耀东. DICOM 数据集研究和 DICOM 图像处理软件的实现[J]. 微计算机应用, 2007, 28(8): 833-837.

non-Geo constellation with "satellite-fixed cell" (SFC) systems[C]//Proc. 5th International Mobile Satellite Conference (IMSC). [s. l.]: [s. n.], 1997: 19-24.

[17] Taleb T. ELB: An Explicit Load Balancing Routing Protocol for Multi-hop NGE0 Satellite Constellations[C]//Proceedings of IEEE Globecom. San Francisco, USA: [s. n.], 2006: 1-5.

[18] Korcak Ö, Alagoz F. Priority-based Adaptive Shortest Path Routing in NGE0 Satellite Networks[J]. International Journal of Communication Systems, 2007, 20(3): 313-333.

[19] Küçükates R, Ersoy C. Minimum Flow - Maximum Residual Routing in LEO Satellite Networks Routing Set[J]. Wireless Networks, 2008, 14(4): 501-517.

[20] Jukan A, Nguyen N H, van As H R. An Approach to QoS-Based Routing for LEO Satellite Networks[C]//IEEE Intel. Conf. Commun. Tech. . Beijing, China: [s. n.], 2000: 922-929.

[21] Kandus G, Svirgelj A, Mohorcic M. The Impact of Different Scheduling Policies on Traffic Class Dependent Routing in Intersatellite Link Networks[J]. International Journal Satellite Communication, 2004, 22: 533-546.