

文章编号:1000-582X(2010)04-115-05

高频 X 射线机中 DICOM 图像生成的设计方法

张思杰^a, 陈振华^a, 曾孝平^a, 郭兴明^b

(重庆大学 a. 通信工程学院; b. 生物工程学院, 重庆 400044)

摘要:针对 DICOM 3.0 标准复杂、内容繁多, 软件设计较难的问题, 提出了一种高频 X 射线机中 DICOM 图像文件生成的程序设计方法。首先分析了 DICOM 文件的数据结构, 然后提出了一种 DICOM 文件生成的具体程序设计方法: 先构建一个数据元结构体的模板数组, 用于存储图像的特征值、传输语法、像素数据等, 再将各类数据依次写入 DICOM 文件中。该程序设计方法除了能将 BMP 文件转换成 DICOM 文件外, 还能将 JPEG 文件转换成 DICOM 文件。该程序设计严格遵循 DICOM3.0 协议, 所生成的 DICOM 文件通过 DICOM 浏览软件 ezDICOM 软件实现了显示。程序设计基于 VC++6.0。

关键词: DICOM; 高频 X 射线机; VC++6.0; JPEG 文件

中图分类号: TP311

文献标志码: A

Design method of generating DICOM Image in the high frequency X ray machine

Zhang Si-Jie^a, Chen zhen-hua^a, Zeng Xiao-Ping^a, Guo Xing-ming^b

(a. College of Engineering Communication;

b. College of Biocngineering, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China)

Abstract: DICOM3.0 standard is complex and rich in contents. Aiming at the difficulty of software design, a programming method of generating DICOM image file in the high frequency X ray machine is proposed. The data structure of DICOM file is analyzed, and then the programming method of generating DICOM image files is introduced in detail. For the proposed method, a template array of the data structure is constructed to save the eigenvalues, transfer syntax, pixel data and so on of the image. All kinds of the data are stored in the DICOM file successively. The programming method can not only transform a BMP file into a DICOM file, but also transform a JPEG file into a DICOM file. It strictly follows DICOM 3.0 protocol. The generated DICOM files can be displayed with the DICOM file browsing software ezDICOM. The programming design was based on VC++6.0.

key words: DICOM; high frequency X ray machine; VC++6.0; JPEG file

由于不同的制造商制造的医疗设备产生的数字
图象格式不同, 给图像的显示和传输带来了不便。
为了解决医疗图像标准混乱的问题, 美国放射协会

(american college of radiologg, ACR) 和国家电子
制造商协会 (national electric manufacturer
association, NAMA) 组成了一个联合委员会来开发

收稿日期: 2009-11-22

基金项目: 重庆市科技攻关资助项目 (CSTC, 2007AB5026)

作者简介: 张思杰 (1967-), 男, 重庆大学博士, 副教授, 主要从事生物医学图像处理及生物医学信号检测与处理方向研究, (Tel) 13101388186; (E-mail) zhangsj1967@hotmail.com。

一个医学数字成像和通讯的标准——DICOM3.0, 用于统一医疗图像文件的存储和传输标准。完备与成熟的 DICOM3.0 标准自问世以来, 就得到业界的广泛认可, 目前已成为业界认可的唯一标准^[1-2]。

DICOM 3.0 标准复杂、内容繁多, 软件设计较难。在研制高频 X 射线机数字图像处理系统的过程中, 需要将图像采集卡采集到的 X 射线机图像转换为 DICOM 文件。虽查阅了大量的学术论文和学位论文, 但发现有关 DICOM 的论文多是基于 DICOM 文件的显示、转换和传输的, 很少涉及到 DICOM 文件生成的研究, 或稍稍提及, 但缺乏详细的介绍^[3-7]。

1 DICOM 文件的数据格式

DICOM 文件一般由文件头和数据集组成, 如图 1。

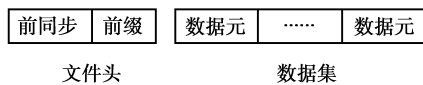


图 1 DICOM 文件数据格式

文件头是可选的, 其中前同步码为 128 个 00H 子节, 它的存在是为了提供与一些通用的计算机文件格式的兼容性。接下来是前缀, 4 个字节, 为大写的 'DICM' 字符, 可以根据此字符判断文件是否为 DICOM 文件。

数据元主要由 4 个部分组成, 标签 Tag、数据类型表示值 VR、值域长度、数据元值。见图 2。

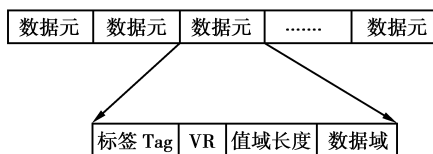


图 2 DICOM 数据元

标签是一个 4 字节的无符号整数, 并分为 2 个部分: 组号 (高位 2 字节) 和元素号 (低位 2 字节); VR 指明该数据元素中的数据是哪种类型, 是长度为 2 的字符串, 如 "DA"、"FL" 等。在数据元素中, VR 可选, 它取决于协商的传输数据格式。如果是显示传输, VR 必须存在; 如果是隐式传输, VR 必须省略。值域长度指明了该数据元中数据域的数据长度 (字节数)。数据域则包含了该数据元的数值。

2 DICOM 文件的生成

2.1 DICOM 文件的程序设计

对于一般的 DICOM 浏览软件而言, 并不需要遍历所有的数据元, 而主要是与传输语法、图像信息有关的数据元, 主要有以下几种

- (0002,0010) 定义传输语法 UID;
- (0028,0002) 表示每个像素的分量 (Sample) 数;
- (0028,0004) 表示光度的描述法, 光度规定了图像的显示特性;
- (0028,0008) 表示图像帧数;
- (0028,0010) 表示图像的行数;
- (0028,0011) 表示图像的列数;
- (0028,0100) 表示每个像素的比特位数;
- (0028,0101) 表示像素每个分量的比特位数;
- (0028,0102) 表示像素有效位数最高位的位置;
- (0028,1050) 表示图像的窗位;
- (0028,1051) 表示图像的窗宽;
- (7FE0,0010) 表示图像像素数据。

在后面的程序设计中, 主要是把这些数据元添加到 DICOM 文件, 其它的数据元可以根据需要添加到 DICOM 文件中, 方法不变。过程如下

1) 构造一个结构体 ElementStruct, 该结构体包含数据元的标签、VR、值长度、数据域等。

```
typedef struct ElementStruct
{
    short int m_nGroupTag; // 组标签
    short int m_nElementTag; // 该组内的元素
    标签
    char EleDescript[80]; // 元素描述
    char VR[4]; // 值的表示法
    char * m_cValue; // 存储字符类值
    long int m_nValue; // 存储数值类值
    unsigned long m_nValueLength; // 值的长度
    unsigned long m_nElementLength; // 元素的
    长度
    char * m_cElementHead; // 用于存储一个
    数据元素的所有成分: 包括组、元素标识, 数值类型、
    长度、内容等
} elementStruct;
```

2) 可以用 ElementStruct 结构体来定义一个结构体数组, 用于上述的必要的的数据元的存储。但存储时, 数据元存入顺序必须按组标签和元素标签由小到大顺序存入数组, 并且一经存入后, 顺序就不好

变动。如果临时想在数组中嵌入一个数据元,就必须将数组重新写过。为了增加编程的灵活性,引入了 CArray 模板类,对 Carray 类的对象的操作类似于 C 语言的数组的使用,不过 Caarray 类对象的大小可以根据需要动态的缩小或增加,并且该类内部函数众多,可以轻松地实现对数组成员的定位、查询、拷贝、删除、插入等操作,非常灵活。

先定义模板类:

```
CArray < ElementStruct, ElementStruct >
ElementCArray;
```

然后定义临时的 ElementStruct 结构变量: TempElement;将各个数据元的四个部分分别赋予给 TempElement 的对应成员,最后添加到模板类 ElementCArray 中。如“图像的行数”数据元,将其组、元素标签、元素描述、值的类别 VR、值长度、数据域等先赋给 TempElement,然后添加入 ElementCArray 中。

```
TempElement.m_nGroupTag = 0x0028;
TempElement.m_nElementTag = 0x0010;
strcpy(TempElement.EleDescript,"Rows");
strcpy(TempElement.VR,"US");
```

```
TempElement.m_nValue = 576;
TempElement.m_cValue = NULL;
TempElement.m_nValueLength = 2;
ElementCArray.Add(TempElement);
```

将所有数据元添加到 ElementCArray 后,再按组标签、元素标签由小到大的顺序排列 ElementCArray 中的数据元。先比较组标签的大小,相同的组标签再比较元素标签的大小,用冒泡排序法将 ElementCArray 中的元素按从小到大的顺序排列。这是采用 CArray 模板类带来的灵活性。

3)确定每个数据元的长度。这要根据传输语法,判断是小端(little endian)还是大端(big endian)存储、传输,隐式还是显式传输,数据元的值类型,从而最终确定每个数据元的长度。

不同的数据元具有不同的 VR,并且 VR 是可选的,这取决于协商的传输数据格式。在显式传输时,VR 必须存在,在隐式传输时,VR 必须省略。不同的 VR 以及传输语法还决定了数据元值域长度的存储需要不同的字节。再由值域长度内的值规定数据域内数据的长度。见表 1、2。

表 1 VR 为明确表示值

标签	VR	值域长度	数据域
组号 元素号	为非 OB、OW、SQ、UN	16 位无符号整数	按照 VR 和协商的传输格式编码的偶数字节数据
2 字节 2 字节 2 字节		2 字节	值域长度指定的字节数或不定长
组号 元素号	为 OB、OW、SQ、UN	32 位无符号整数	按照 VR 和协商的传输格式编码的偶数字节数据
2 字节 2 字节	2 字节(但后跟保留字 2 字节,为 0000H)	4 字节	值域长度指定的字节数或不定长

要注意元素的数据域长度应为偶数字节,如果为奇数字节,则在元素值后面添 0,凑成偶数字节。

将每个数据元的组、元素标签、VR、值长度、数据域严格按照 DICOM 3.0 协议规定的字符长度存入对应 ElementCArray[i]. m_cElementHead 中。

4) 图像数据的暂存采用一个单独的 ElementStruct 变量 PixelDataElement。先存入组标签 7FE0、元素标签 0010,VR="OB",数据域数据长度 PixelDataElement.m_nValueLength = 单帧图像的像素 * 图像的帧数。然后将像素值赋给 PixelDataElement.m_cValue。最后严格按照

DICOM 3.0 协议规定的组、元素标签、VR、值长度、数据域所需的存储字节将这些值存入

PixelDataElement.m_cElementHead 中。

表 2 VR 为隐含表示值

标签	值域长度	数据域
组号 元素号	32 位无符号整数	按照 VR 和协商的传输格式编码的偶数字节数据
2 字节 2 字节 4 字节		值域长度指定的字节数或不定长

5)接下来需要将数据元中的数据依次存入 DICOM 文件中,但一个一个的写入 DICOM 文件比较麻烦。可为指针 BYTE * m_pFile 分配一块内

存,内存大小等于所有数据元的字节长度之和(包括图像数据),加上 132 字节。在头 128 个字节中存入“0”,然后存入“DICM”4 个字节。接下来获取 ElementCArray 模板类数组的长度。按数组中元素排列的顺序,将每个元素中 m_cElementHead 的值依次存入所分配的内存中。最后将 PixelDataElement 中 m_cElementHead 的值存入内存中。

6)剩下的工作是把指针 m_pFile 所指内存的数据存入 DICOM 文件中,这和普通文件的读写操作类似,利用 CFile 类的 Write 函数可将指针 m_pFile 所指数据写入文件中。

2.2 JPEG 文件的 DICOM 文件格式存储

除了 BMP 图像文件之外, JPEG 图像文件也可以采用 DICOM 文件格式进行存储(如图 3 所示)。

JPEG 文件的编码流程如图

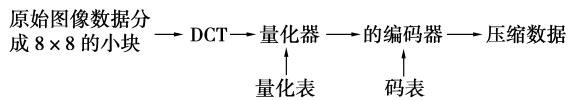


图 3 JPEG 文件的编码流程

JPEG 文件的编解码基础是 DCT 变换(离散余弦变换)对于二维离散余弦变换,计算公式如下式

$$F(0,0) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y);$$

$$F(\mu,0) = \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \cdot \cos \frac{(2x+1)\mu\pi}{2N};$$

$$F(0,\nu) = \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \cdot \cos \frac{(2x+1)\nu\pi}{2N};$$

$$F(\mu,\nu) = \frac{2}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \cdot \cos \frac{(2x+1)\mu\pi}{2N} \cdot \cos \frac{(2x+1)\nu\pi}{2N};$$

其中 $f(x,y)$ 为空间中二维向量, $x,y = 0,1,2,\dots,N-1$, $F(\mu,\nu)$ 为变换系数矩阵, $\mu,\nu = 1,2,\dots,N-1$ 。

原始图像可分成 8×8 的小块, 8×8 的图像经过 DCT 变换后,其低频分量都集中在左上角,高频分量分布在右下角,由于该低频分量包含了图像的主要信息(如亮度),高频与之相比,就显得不那么重要了,在编码时可以忽略图像的高频分量,从而达到压缩目的。

因为图像数据是压缩了的,传输语法要相应变化,改为:“1. 2. 840. 10008. 1. 2. 50 或 1. 2. 840. 10008. 1. 2. 51”。

相应的程序设计流程如下

1)先将图像数据压缩,以 JPEG 格式进行文件暂存;

2)把整个 jpeg 文件内容读到 PPixelData 中;

3)像素数据区域的组标签、元素标签与未压缩像素数据一致,为(7FFE,0010);长度定义为“未定义长度”(FFFFFFFF)。

4)每个 JPEG 文件视为一个特定的编码过程项目,项目标签为(FFFE,E000),项目长度为 JPEG 文件长度,再将 JPEG 文件内容作为图像数据紧随其后保存;如果要多个 JPEG 文件保存到同一个 DICOM 文件中,再重复上述过程。

5)全部 JPEG 文件保存完后,加上序列界定符(FFFE,E0DD)和一个值为(00000000H)的项目长度字段来标记结束。

2.3 实验结果

所研制的高频 X 射线机数字图像处理系统利用图像采集卡对影像增强器输出的模拟视频信号进行采集,每次检查最多可采集九幅图像。多帧图像可以存储到一个 DICOM 文件内。下图是采集到的 X 射线机图像检测卡的图像并存入到 DICOM 文件中,该文件能用 DICOM 文件浏览软件 ezDICOM 打开并浏览,如图 4。验证了该程序生成的 DICOM 文件是符合 DICOM3.0 协议的。

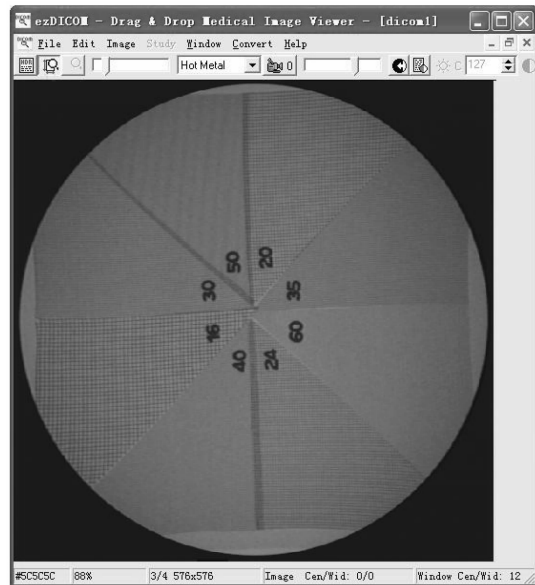


图 4 通过 ezDICOM 软件显示的自编程序所生成的 DICOM 文件

3 结 论

DICOM 3.0 标准复杂、内容繁多。针对其软件

设计较难这个问题,介绍了一种高频X射线机中DICOM图像文件生成的方法。该程序设计方法除了能将BMP文件转换为DICOM文件外,还能将JPEG文件转换为DICOM文件。该程序设计严格遵循DICOM3.0协议,所生成的DICOM文件通过DICOM浏览软件ezDICOM软件实现了显示。

参考文献:

- [1] 陈远新:基于DICOM 3.0标准的医学图像显示和处理研究[D].重庆大学:重庆大学硕士学位论文,2004.
- [2] 黄爱明.医用DICOM格式与通用图像格式的相互转换[D].四川大学:四川大学工程硕士专业论文,2006.
- [3] 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]. 微机应用, 2007,28(8):833-837.
WU YA-JUN, ZHOU ZHENG-DONG, DAI YAO-DONG. The research of DICOM dataset and realization of DICOM image processing software [J]. Microcomputer Applications, 2007,28(8):833-837.
- [4] 彭承琳,陈诚,陈圆圆. DICOM医学图像格式转换的VC++实现[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2007,30(10),126-129.
PENG CHENG-LIN, CHEN CHENG, CHEN YUAN-YUAN. Conversion of DICOM medical image format with VC++ [J]. Journal of Chongqing University: Natural science edition, 2007, 30(10): 126-129.
- [5] 谢长生,熊华明. DICOM图像显示的研究与实现[J]. 计算机工程与科学,2002,24(6):38-41.
XIE CHANG-SHENG, XIONG HUA-MING. Research and realization of DICOM image display[J]. Computer Engineering and Science, 2002, 24(6): 38-41.
- [6] 张尤赛,陈福民. DICOM医学图像窗口变换的加速算法[J]. 计算机工程与应用,2003,39(13):218.
ZHANG YOU-SAI, CHEN FU-MING. A fast algorithm of the window transformation for DICOM medical images [J]. Computer Engineering and Applications, 2003,39(13):218.
- [7] 冯辉. DICOM二进制文件解读的VC++实现[J]. 医学影像学杂志,2003,13(7):538-540.
FENG HUI. The analysis and reading of DICOM binary file with VC++ [J]. Journal of Medical Imaging, 2003,13(7):538-540.
- [8] 王华,叶爱亮,祁立学,等. Visual C++ 6.0编程实例与技巧[M]. 北京:机械工业出版社,2000:415-417.
- [9] HIS Standards Store. Digital imaging and communications in medicine(DICOM)[EB/OL]. (2009-04-12)[2009-05-07]http://global. ihs. com.
- [10] NOUMEIR R. DICOM structured report document type definition [J]. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine,2003,7(4):318-328.
- [11] OLGES N H, EICHELBERG M, RIESMEIER J, et al. Integrating JPEG compression with DICOM-experiences and technical issues[C]// Proceedings of SPIE-The international Society for Optical Engineering, Feb. 15-17, 2000, San Diego, CA, USA. San Diego, CA, USA:[s. n.], 2000: 46-56.
- [12] ACKERLY T, GESO M, SMITH R. Radiotherapy DICOM packet sniffing[J]. Australasian Physical and Engineering Sciences in Medicine, 2008, 31(9): 243-251.
- [13] POTTER G, BUSBRIDGE R, TOLAND M, et al. Mastering DICOM with DVTK[J]. Journal of Digital Imaging, 200, 20(11):47-62.
- [14] CLUNIE D A. DICOM structured reporting: An object model as an implementation boundary [C] // Proceedings of SPIE-The International society for Optical Engineering, Feb 20-22, 2002, San Diego, CA, USA. San Diego, CA, USA: [s. n.], 2002: 270-279.
- [15] HOFORD J D, BIDARAHALLI P K, MUSSACK C J. Application programming interface for provision of DICOM services: US Patents, US200301011291 [P]. 2003-05-29.

(编辑 侯湘)