

基于DICOM的同名患者医学图像判定

林意, 杨文婷

江南大学数字媒体学院, 江苏 无锡 214000

【摘要】医学影像DICOM文件包含图像和图像相关的文本信息, 这些文本信息包括患者的基本信息和诊断信息, 都是基于国际文字标准的。在医疗信息系统中, 若患者同名时, 通过患者姓名无法准确地区分和查询出同名患者医学影像, 无法保证患者和影像文件一致, 会导致医疗事故。针对这个问题, 现有DICOM医学图像研究涉及很少, 为此提出了一种区分同名患者医学图像的方法。该方法将患者手写电子签名利用小波变换融合技术嵌入到患者的医学影像DICOM文件中, 同时为了满足DICOM文件头标准, 并对融合后DICOM文件键值进行重新合理安排, 利用患者手写签名笔迹区分同名患者医学图像。大量同名患者医学影像的实验表明, 本方法在判定同名患者医学影像问题上具有良好效果, 在医疗信息系统中具有广泛实用价值。

【关键词】医疗信息; 同名; DICOM; 手写签名; 小波变换融合

【中图分类号】R312; TP391.1

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2016)04-0408-07

Medical image identification based on DICOM for patients with same name

LIN Yi, YANG Wen-ting

School of Digital Media, Jiangnan University, Wuxi 214000, China

Abstract: The digital imaging and communications in medicine (DICOM) document includes medical images and text information related to images. The text information is based on American standard code for information interchange, containing the basic and diagnostic information of patients. In the medical information system, the medical image of the patients with the same name can't be accurately identified by the name, which can't make sure the consistency of patients and medical image documents, causing medical accident. Few researches of DICOM medical image have studied the problem. A method for identifying the medical image of patients with the same name was proposed in the paper. Patient's handwritten electronic signature was embedded in his DICOM medical image document by using wavelet transformation fusion technology, and the handwritten signature was applied to identify the DICOM documents of patients with the same name. The key values of DICOM document were reasonably arranged again to meet the DICOM standard. The tests of a large number of patients with the same name showed the proposed method had good effects on identifying medical image document of patients with the same name, having practical value in the medical information system.

Key words: medical information; same name; digital imaging and communications in medicine; handwritten signature; wavelet transformation fusion

前言

互联网信息化时代和医学成像技术的迅速发展, 促使远程医疗快速发展。远程医疗主要实现个人与医院、医院与医院间医学信息的远程传输、存储、查询、显示及共享^[1]。从远程医疗迅速发展的趋势来看, 医院必将会过渡到医院之间、部门之间互联

的形式, 每天都会产生大量的患者病理信息的医学图像, 那么就会增加医学数字影像和通讯(Digital Imaging and Communications in Medicine, DICOM)文件管理问题, 如存储与检索。医学影像DICOM文件包含图像和与图像有关的文本信息, 这些文本信息包括病人信息(姓名、年龄、性别等)和检查信息等, 以ASCII码形式存储显示。当两个患者的姓名相同时, 仅通过患者的姓名无法查询出相应的医学图像。虽然DICOM标准3.0规定医学图像信息结构分为4层次, 即Patient(病人)、Study(检查)、Series(序列)、Image(图像)^[2], 而且每一层都有能够唯一标识这个等

【收稿日期】2015-11-05

【作者简介】林意(1966-), 男, 博士, 副教授, 研究生导师, 研究方向: 医学图像处理、计算机图形学, E-mail: linyi01@vip.sina.com。

级属性的键值,病人层的标识是 Patient ID,可以采用 Patient ID 这个标识号进行检索^[3]。Patient ID 号是由医院系统中 ID 派发中心唯一指定,只在医院范围内具有唯一性。因此, Patient ID 是局部唯一的,可能会出现同一患者在不同医院中有不同 Patient ID 编号,会给医院间交换信息带来麻烦。此外与这张医学图像标识号发生联系的只有患者和医生,患者一般不会记住这个标识号,而医生每天接触大量患者,更是不会记住每个患者标识号,所以会无法准确判定相应患者的医学图像而导致医疗事故。对于这个问题,现有 DICOM 标准中并没有涉及,为此提出利用患者手写电子签名区别同名患者的医学影像,分析利用小波变换融合技术将手写签名图像与医学影像融合,研究签名图像如何与 DICOM 文件关联,为满足 DICOM 标准,对 DICOM 键值的重新合理安排进行研究。大量同名患者医学影像实验表明,本方法在判定同名患者医学影像问题上具有良好效果,在医疗信息系统中具有广泛的实用价值。

1 DICOM 文件数据元素

1.1 DICOM 文件格式

DICOM 文件一般由文件头(Header)和 DICOM 数据集(Data set)组成^[4]。DICOM 数据集是由若干字段 DICOM 数据元素(Data element)按数据元素标记中组号及元素号数值增加方式进行排列^[5]。数据元素主要由标签(Tag)、数据类(Value Representation, VR)、数据长度(Value Length, VL)、数据域(Value Field, VF)4个部分组成。

数据元素标签:一个 16 bits 无符号整数,按标签数值大小顺序排列。前 8 位代表组号,后 8 位代表元素号,这个 Tag 能够标识 DICOM 数据元素。其中,组号表示数据元素属于哪个数据组,如 DICOM 的组号 0002 表示设备间通讯组,组号 0008 表示特征参数组,组号 0010 表示患者信息,组号 0028 表示图像信息参数组,组号 7FE0 表示图像数据组,而元素号用于区分同一组不同的元素数据,如(0010,0010)就是患者的姓名标号,(0010,0020)就是患者的 ID 标号。本文选取部分病人信息的数据元素显示在界面上,信息内容如表 1。

1.2 DICOM 像素数据格式

现有的医学影像 DICOM 文件含有 1 帧或者多帧图像,大多数是像素值为 8、12、16 位灰度图像。像素数据是由许多的“像素单元”组成的,每一个像素单元又包含了一个唯一的像素值。DICOM 标准通常用 Bits Allocated、Bits Stores、High Bit 等表示这些像素

表 1 部分病人信息的数据元素信息

Tab.1 Data elements information of patients

| ID | Tag | Data type |
|--------------|--------------------|------------------|
| (0010, 0010) | Patient's name | PN (Person name) |
| (0010, 0020) | Patient's ID | LO (Long string) |
| (0010, 0040) | Patient's sex | CS (Code string) |
| (0018, 0015) | Body part examined | CS |
| (0008, 0080) | Institute names | LO |
| (0008, 0022) | Acquisition date | DA (Date) |
| (0008, 0060) | Modality | CS |

单元^[6],如表 2 所示。其中 Bits Allocated(分配比特)表示每一个像素单元的大小,Bits Stores(存储位数)表示像素实际存储的位数,High Bit(高位比特最高位)表示在分配的存储单元中的位号。

表 2 像素单元相关元素

Tab.2 Pixel unit-related elements

| ID | Tag |
|---|----------------------------|
| (0028, 0002) DCM_Samples Per Pixel | Samples Per Pixel |
| (0028, 0004) DCM_Pixel Representation | Pixel Representation |
| (0028, 0008) DCM_Number of Frames | Number of Frames |
| (0028, 0100) DCM_Bits Allocated | Bits Allocated |
| (0028, 0101) DCM_Bits Stored | Bits Stored |
| (0028, 0102) DCM_High Bit | High Bit |
| (0028, 0103) DCM_Photometric Interpretation | Photometric Interpretation |
| (0028, 1050) DCM_Window Center | Window Center |
| (0028, 1051) DCM_Window Width | Window Width |
| (7EF0, 0010) DCM_Pixel Data | Pixel Data |

Photometric Interpretation 光度计用来判断图像是单色还是彩色,灰度图像为 MONOCHROME1、MONOCHROME2,彩色图像为 RGB; Samples Per Pixel 是每一个像素的样本,对于单色(灰度)和调色板颜色图像为 1,对于 RGB 和其他三矢量颜色模型为 3。

2 DICOM 同名患者图像判定的实现

2.1 实现工具

在 DICOM 图像进行手写签名的过程中,需要利用 DCMTK 工具包和 VC++ 工具。DCMTK (DCM Tool Kit)是一个开源平台,经过 10 多年的发展已经

基本上实现了DICOM标准的绝大部分功能,如医学图像传输、存储和打印等功能。目前DCMTK开发包是主流的DICOM标准的开发包,可以在官方网站免费下载,提供所有的源代码、支持库和帮助文档。

2.2 实现过程

2.2.1 修改DICOM文件头信息

DICOM文件中包含许多患者的个人信息,如患者姓名、年龄、性别、诊断信息等,这些信息都是以ASCII码形式存储显示^[7-8]。由于不同患者的手写签名不同,能够标识患者身份,为了区分同名患者不同医学影像信息,可以修改病人姓名标识符(0010,0010)的内容,将病人手写签名信息添加到DICOM医学图像中来标识不同患者。但是由于DICOM文件中规定了姓名标识符值的格式为PN和最大值为64个字节^[9],所以如果加入的是手写签名像素值时,像素值大小可能会超出最大值的范围,导致DICOM图像文件头信息出错。因而本文将存储签名图像的地址加入到DICOM文件中,将病人手写签名与DICOM医学信息进行关联,从而可以根据病人签名来区分同名患者的医学信息,保证患者与医学影像信息一致性。算法步骤如下:(1)患者的手写签名保存到患者签名数据库中,并记录地址name;(2)使用DCMTK中的DcmDataset类可以获取图像一些文本信息,利用DcmItem类中定义的putAndInsertString()将病人的姓名DCM_PatientName标签修改为病人手写签名的图像的存放地址name。

2.2.2 DICOM图像和签名图像进行小波变换融合

小波变换能够多尺度分解,可以在不同尺度利用不同规则进行融合,就能够充分利用图像的互补和冗余信息来达到良好的融合效果。因此本文采用小波变换将患者的医学图像和签名图像进行融合^[10]。小波变换的融合过程是对源图像进行N层小波变换,可以得到 $3N+1$ 个频带,有 $3N$ 个水平、垂直和斜线高频带和1个低频带,高频带存放着图像细节信息,低频带存放着图像近似信息。然后融合处理时,根据融合源图像和融合后图像效果需要,在不同分解层、不同频率分量和不同方向可以采用不同的融合规则进行融合处理,最后进行小波逆变换后得到重构图像即为融合后的图像。融合过程如图1所示。

当医学影像信息主要用作医疗诊断时,医学影像必须能够反映出原始状态的精度;而当医学影像信息主要用作日常参考时,可以经过数字处理医学影像,一定程度地降低图像质量和精度^[11]。在小波变换融合中,可以根据需要选择融合规则和融合算子,提高融合图像的质量。融合规则主要包括低频子带

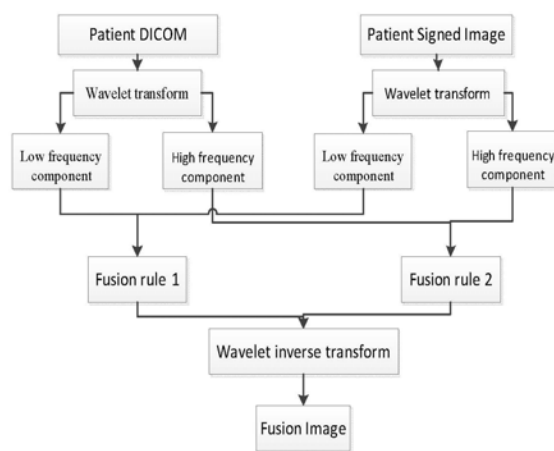


图1 小波变换融合图像过程

Fig.1 Process of wavelet transformation fusion

的规则和高频子带的融合规则,算法如下:

(1)低频融合规则

通过小波分解得到低频子带,反映源图像近似的内容^[13-14]。由于患者签名图像只需能够辨认出笔迹即可,提取签名图像边缘信息即可,因此只提取签名图像的高频信息,不需要太多信息。当源图像提供最有用的信息时,最有效的方法是采用最大取值,保留源图像有用的信息。为了不影响患者医学图像信息,在低频融合部分,应选取医学图像和签名图像低频系数最大值,得到融合后图像才能尽可能保留医学图像有用信息。小波低频系数最大值法公式如下:

$$C_j(F,p) = \begin{cases} C_j(A,p) & C_j(A,p) \geq C_j(B,p) \\ C_j(B,p) & C_j(A,p) < C_j(B,p) \end{cases} \quad (1)$$

其中, F 为融合后图像数据, $C(F,p)$ 为融合图像后在 J 层小波分解情况下,在 p 点的小波系数。

(2)高频融合规则

在高频子带上亮度较大的值代表该点为原图像上变化比较剧烈的点,可能包含图像的重要信息,即图像边缘、轮廓等^[13-14]。通过小波分解得到的HL、LH、HH3个高频子带,它们分别表示水平方向的高频边缘信息,垂直方向和对角线方向高频边缘信息,反映了源图像的细节信息。既要不影响患者医学图像的信息,又要能够看清楚患者签名图像,本文在高频融合过程中可以采用小波系数追加方法,将医学图像和签名图像高频系数叠加,融合后图像能够清楚反映两幅图像边缘信息,便于识别患者笔迹,从而确认患者身份和保证患者信息一致性。高频系数叠加公式如下:

$$C_j(F,p) = C_j(A,p) + C_j(B,p) \quad (2)$$

其中, $C(F,p)$ 为融合图像后在 J 层小波分解的情况下,

在 p 点的小波系数。

采用这种小波变换融合的方法将医学图像和患者手写签名图像融合,既可以保留尽可能多原图像的信息,精度比较高,又可以提高图像融合的质量。

2.2.3 融合图像评定 图像融合效果评价没有一个统一标准。在不同应用方面,对图像各项参数的要求不同,导致选取的评价方法不同。通常从定性和定量两方面分析。定性分析主要是从主观上判断融合效果,定量分析主要包括基于信息量的评价、基于统计特性的评价、基于梯度值的评价、基于信噪比的评价^[15]。本文采用的是基于信息熵,信息熵是指图像的平均信息量,熵越大,信息量越大。图像的融合是指信息量的增加,因此信息量越大,熵越大,图像融

合效果越好。公式如下:

设图像第 i 级的灰度概率为 P_i , $i \in [0, 255]$ 且 $\sum_{i=0}^{255} P_i = 1$ 。图像的信息熵:

$$H = - \sum_{i=0}^{255} P_i \log_2 P_i \quad (3)$$

其中, P_i 表示灰度为 i 的像素数 N_i 与图像总像素数 N 之比。

本文定量分析在同一小波基 symlets 下,不同分解层数融合效果进行比较。医学图像信息熵为 3.348 262,根据实验结果发现分解层数为 7 时,融合后图像信息熵值最大为 5.390 323,融合效果最好。3 层和 7 分解层融合后图像效果见图 2。

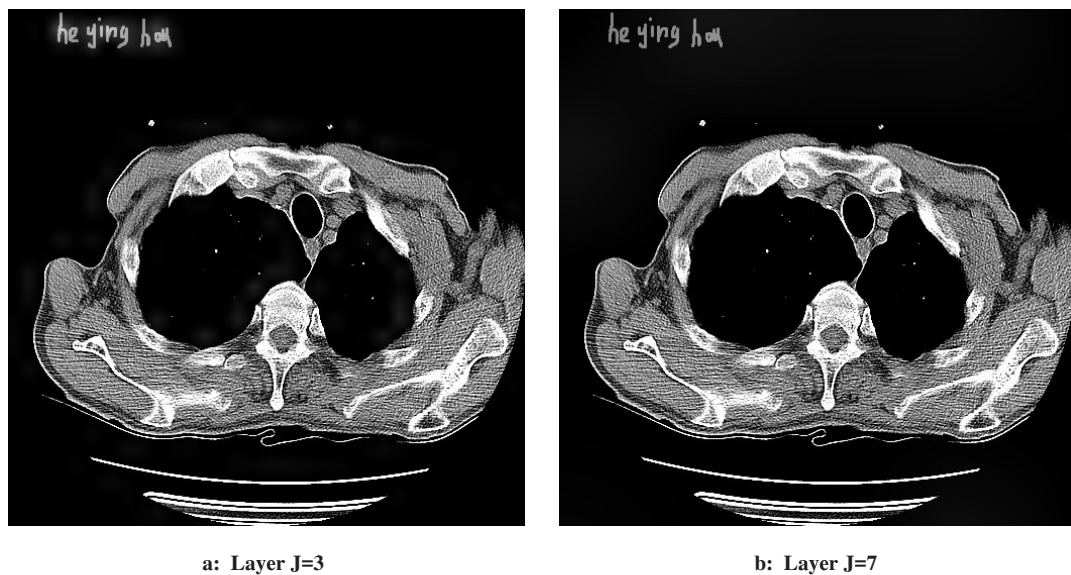


图2 不同层数的融合图像效果

Fig.2 Fusion image of different layers

鉴于以上在验证患者身份时,为了能够清晰地显示患者手写签名和医学影像,本文选择分解层数为 7。低频融合采用取低频系数最大值,高频融合采用高频系数值追加。将离线手写的签名快速嵌入到 DICOM 文件格式图像中,从而能够简单、快速地标识出同名患者的身份,减少不必要的医疗事故。

2.2.4 保存融合后的 DICOM 图像 将签名图像与 DICOM 图像融合后的图像保存为 DICOM 格式,便于以后不同医院之间的文件传输和查询^[16]。本文用融合后 DICOM 图像的像素值代替原图像的像素值,不改变 DICOM 图像文本信息,并保存为 DICOM 文件格式。实验表明 DICOM 像素值的位数是由 Bits Allocated、Bits Stores、High Bit、Photometric Interpretation 等决定^[12],如果只是修改像素值的信息图像是无法正常显示的。这是由于本文 DICOM 图像的像素值都是 16 位,Photometric

Interpretation 为 MONOCHROME2 灰度图像,而融合以后的图像为像素值 8 位的灰度图像。如果直接修改像素值时,与原来的像素存储位数 16 位不一样,在显示融合后的 DICOM 图像时像素值会紊乱,无法正常显示图像,因此需要修改存储信息的值,将存储信息 Bits Allocated、Bits Stores、High Bit 分别修改为 8、8、7。

2.2.5 DICOM 文件修改为多帧图像 医学影像 DICOM 文件含有 1 帧或者多帧图像,为了不影响医生诊断,减少医疗事故发生,本文将原来患者 DICOM 图像的像素值插入到融合 DICOM 图像像素值,反映出原始状态的精度,用于医生诊断。算法如下:将源 DICOM 的像素数据 s_pixData 与融合 DICOM 像素数据 d_pixData 首尾相接地写入 DCM 文件头中的 Pixel-Data 标签下,即 (7FE0, 0010),并将 Number of Frames 标签 (0028, 0008) 赋值为图像张数 2,此时医学影像

DICOM 含有 2 幅图像,可以分别用于医生诊断和医生辨别、查询同名患者 DICOM 文件,提高医生诊断效率,减少一些医疗事故发生。

3 实验研究与分析

在文献[3]中提到查询患者图像信息时,如果遇到同名同姓患者,利用姓名和患者 ID 号这个组合属性来查询。首先查出所有同名患者的 ID 号,然后再从同名患者中找出所需要的患者 ID,通过这个 ID 号得到患者图像信息。但是在实际应用中,很少有人会记得自己的 ID 号,此外这个 ID 号由医院自己指定,只在医院范围内具有唯一性。在远程医疗中,利用这个组合属性在不同医院之间认定和判断出患者影像比较复杂,有效性较低,实用价值不高。本文方法解决了这个问题。

为了验证本文方法的有效性,从官网上下载了大量各大医学影像设备制造商的 DICOM 医学图像进行实验。本文分别对多幅同名患者的颅脑 CT 的 DICOM 图像进行手写签名,并与之前未进行手写签名 DICOM 图像做了比较。

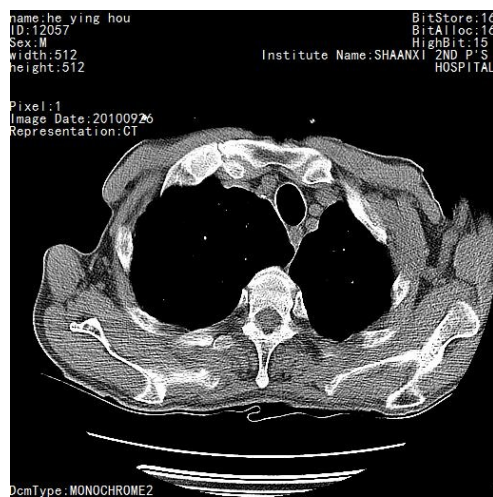
本文在对多幅姓名为“he ying hou”的 DICOM 图像未进行签名时,显示患者的基本信息都是基于 ASCII 码的,而对应的姓名标签(0010,0010)存储的也是患者姓名 ASCII 码,DICOM 文件图像帧数为 1。表 3 只是其中两个同名患者的 DICOM 图像姓名和帧数信息。图 3 是对应患者 DICOM 图像的信息。从图中能够清晰地看到同名患者的不同 DICOM 文件中的部分个人基本信息、图像信息和患者就诊信息。

表 3 未签名同名患者 DICOM 文件头信息

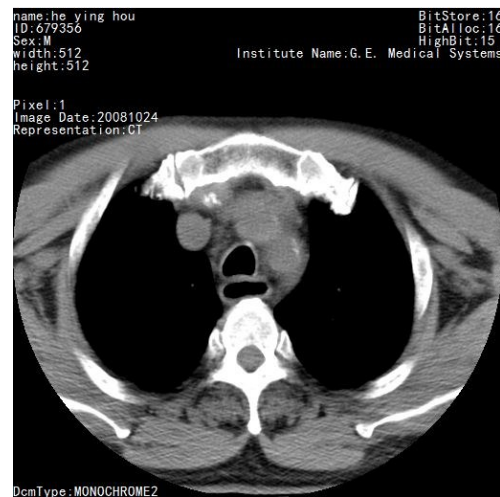
Tab.3 Header information in DICOM document of unsigned patients with same name

| Patient | ID | Tag | Value |
|--------------------|--------------|-----------------|-------------|
| Unsigned patient 1 | (0010, 0010) | Patient Name | he ying hou |
| | (0028, 0008) | Number of Frame | 1 |
| Unsigned patient 2 | (0010, 0010) | Patient Name | he ying hou |
| | (0028, 0008) | Number of Frame | 1 |

DICOM: Digital imaging and communication in medicine



a: Part DICOM information of patient 1



b: Part DICOM information of patient 2

图 3 未签名同名患者 DICOM 部分信息

Fig.3 Part DICOM information of unsigned patients with same name

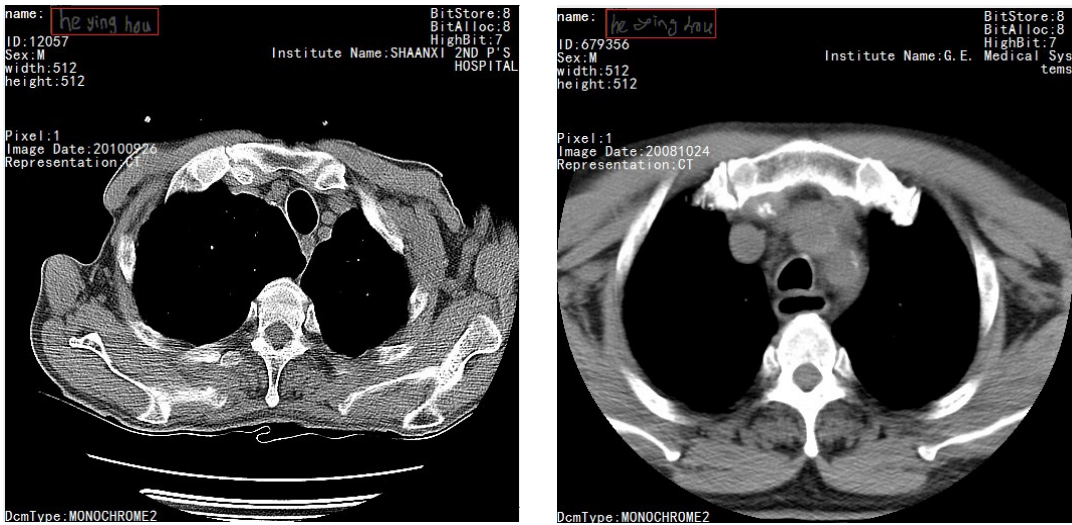
当利用患者的姓名“he ying hou”检索时,会出现多幅重名患者的图像,在判定患者的身份时,要对这多幅姓名为“he ying hou”的 DICOM 图像进行标识即签名。签名后的 DICOM 图像,姓名标签(0010,0010)存放的是对应同名患者手写签名图像的地址,图像帧数(0028,

0008)的值为 2,即表示 DICOM 源图像和融合后图像。表 4 是同名患者签名后的姓名标签和图像帧数。通过病人的签名图片来替代原来 DICOM 标准中的姓名的 ASCII 码,利用患者自己手写签名来认定患者身份。对应同名患者签名后的 DICOM 图像如图 4 所示。

表4 签名后同名患者 DICOM文件头信息

Tab.4 Header information in DICOM document of signed patients with same name

| Patient | ID | Tag | Value |
|------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Signed patient 1 | (0010, 0010) | Patient Name | D:/DIOCM/database/1.bmp |
| | (0028, 0008) | Number of Frame | 2 |
| Signed patient 2 | (0010, 0010) | Patient Name | D:/DIOCM/database/2.bmp |
| | (0028, 0008) | Number of Frame | 2 |



a: Part DICOM information of signed patient 1 b: Part DICOM information of signed patient 2

图4 签名后同名患者DICOM部分信息

Fig.4 Part DICOM information of signed patients with same name

从图3a和图3b中可以看出,当遇到同名患者时,若利用姓名则无法检索和确定患者的影像信息。由于Patient ID号不仅没有统一标准,而且不易记得,若利用Patient ID号也是无法判定患者的信息。从图4a和图4b可以看出,通过本文的手写签名方法,利用笔迹能够直观地判定患者的身份,保证了图像信息和患者身份的一致性,避免一些医疗事故的发生。从图3和图4中可以看出图像像素数据的Bits Allocated、Bits Stores、High Bit发生了变化,便于以后DICOM文件存储和传输。

经过测试,初步已实现判定和区分同名患者的身份,做到了医学图像和患者的一致性。目前计划提取一些手写签名的特征进行检索,能够确保远程交换的同名患者医学图像的真实性、可靠性。

4 结 论

随着远程医疗的发展和医学图像存储、传输系统(PASC)的普及,医学信息进入无纸化和数字化,会涉及到医学影像和病人信息一致性问题。本文基于DICOM 3.0标准,采用患者手写签名作为医学影像标

识的方法,利用小波变换图像融合算法将患者的医学影像和手写的签名快速地融合在一起,从而可直观、有效地区分同名患者的影像信息,减少不必要的医疗事故。患者影像是多帧图像,当影像信息被用于医疗诊断时,可以选择原来的医学影像,不影响医学影像的质量和医生诊断。但是算法对DICOM图像进行手写签名,这样增加了DICOM文件像素数据,不便于图像存储和传输。如何压缩部分图像数据^[17],提高传输效率以及确保传输过程的安全性,则需要进一步的研究。

【参考文献】

[1] CHANG T C, LEE J D, WU S J. The development and application of the telemedicine system in psychiatric counseling [C]. Engineering in Medicine and Biology Society, 2005: 2196-2198.

[2] National Electrical Manufacturer's Association: Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)[EB/OL]. <http://dicom.nema.org>.

[3] 张凯, 吕扬生. 基于DICOM标准的医学图像数据库[J]. 中国生物医学工程学报, 2002, 21(6): 548-572.

ZHANG K, LÜ Y S. DICOM-based medical image database[J]. Chinese Journal of Biomedical Engineering, 2002, 21(6): 548-572.

- [4] 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 C S, XIONG H M. Research and implementation of DICOM image displaying[J]. Computer Engineering and Science, 2002, 24(6): 38-41.
- [5] 高升, 葛云. 基于DICOM RT 的医学图像信息显示及配准[J]. 中国医学物理学杂志, 2010, 27(3): 1885-1888.
GAO S, GE Y. The display of DICOM medical image and its information[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2010, 27(3): 1885-1888.
- [6] 杨博菲. 基于 Android 平台的 DICOM 医学图像编辑系统设计[D]. 天津: 天津大学, 2012.
YANG B F. The design of Android platform-based medical image display software[D]. Tianjin: Tianjin University, 2012.
- [7] ARCHIE K A, MARCUS D S. DicomBrowser: software for viewing and modifying DICOM metadata[J]. J Digit Digital Imaging, 2012, 25(2): 635-645.
- [8] 王伟蔚, 张国鹏, 邱顶, 等. 基于 DICOM 文本与内容的医学图像检索系统研究[J]. 计算机工程与设计, 2011, 32(3): 1014-1018.
WANG W W, ZHANG G P, QIU D, et al. Research on medical image retrieval system based on DICOM header information and content[J]. Computer Engineering and Science, 2011, 32(3): 1014-1018.
- [9] 魏军, 刘荣鑫, 宋国兴. DICOM 图像文件解析及程序设计[J]. 济南大学学报(自然科学版), 2007, 21(3): 215-218.
WEI J, LIU R X, SONG G X. DICOM image file parsing and program design[J]. Journal of University of Jinan (Sci & Tech), 2007, 21(3): 215-218.
- [10] 赵亮红. 基于小波变换的图像融合研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2006.
ZHAO L H. Based on wavelet transform image fusion research [D]. Chengdu: Chengdu Technology University, 2006.
- [11] 魏晓菊, 吕英华. 基于 DICOM 3.0 的医学影像信息共享技术的研究与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2012.
WEI X J, LU Y H. Technology research and implementation of medical image information sharing based on DICOM3.0 [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2012.
- [12] 杨叶, 王蓓蕾, 唐榆, 等. Windows 平台下多层 DICOM 图像读取、显示和压缩的改进方法[J]. 中国医学影像技术, 2008, 24(Suppl): 213-216.
YANG Y, WANG B L, TANG Y. An improved method of reading, displaying and compressing multislice DICOM images under Windows [J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2008, 24(Suppl): 213-216.
- [13] 柴苗, 赵曙光. 医学图像融合算法研究与应用[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2009.
CAI M, ZHAO S G. Reaches and applications on medical image fusion[D]. Xi'an: Xidian University, 2009.
- [14] 聂河凤. 医学影像信息系统中图像处理技术的研究与实现[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2014.
NIE H F. Research and implementation image processing in picture archiving and communication system[D]. Xi'an: Xidian University, 2014.
- [15] 康兆明, 赵丽红. 基于小波变换的医学图像融合算法的设计与实现[D]. 沈阳: 沈阳东北大学, 2011.
KANG Z M, ZHAO L H. Medical image fusion algorithm based on wavelet transform of the design and implementation[D]. Shengyang: Shengyang Northeastern University, 2011.
- [16] LIU B Q, ZHU M H, ZHANG Z W. Medical image conversion with DICOM[J]. J Electr Comput Eng, 2007, 16(4): 36-39.
- [17] SUAPANG P, DEJHAN K, YIMMUN S. Medical image compression and DICOM-format image archive[J]. CCAS-SICE, 2009, 21(8): 1945-1949.

(编辑: 黄开颜)