

一种基于 Web 的 CT/MR 图像序列定位线绘制的方法

谢勤岚¹ 夏超¹ 苑金龙²

(1 中南民族大学 生物医学工程学院 武汉 430074; 2 深圳蓝韵实业有限公司 蓝韵网络研发中心 深圳 518108)

摘要 提出了一种基于 Web 的 CT/MR 图像序列定位线绘制实现的方法,该方法结合 DICOM3.0 标准中 WADO 协议和 DIOCM 文件的数据信息,采取高效准确的服务端定位线算法和 Web 客户端的显示算法,实现了 CT/MR 图像序列定位线在浏览器上的显示,可为远程医疗的精确诊断提供重要辅助工具。

关键词 CT/MR 技术; 浏览器; 定位线; 数据信息

中图分类号 R318 **文献标识码** A **文章编号** 1672-4321(2014)01-0077-05

A Method of Drawing Positioning Line of CT/MR Image Sequence Based on Web

Xie Qinlan¹, Xia Chao¹, Yuan Jinlong²

(1 College of Biomedical Engineering, South-Center University for Nationalities, Wuhan 430074, China; 2 Shenzhen LandWind Industrial Co., Ltd, The LandWind Network Research and Development Center, Shenzhen 518108, China)

Abstract This paper introduces a positioning line drawing method of CT/MR image sequences based on Web in detail. This method uses the effective and accurate positioning line algorithm on service terminal and displaying algorithm on the client by combining the WADO(Web Access to DICOM Persistent Object) protocol in DICOM3.0(Digital imaging and Communications in Medicine) standards with the data informations from DICOM files. It achieves the positioning line of CT/MR images sequence displaying on the browser and provides an important auxiliary tool for the accurate diagnosis in the remote consultation.

Keywords CT/MR; browser; positioning line; data information

计算机断层扫描(CT)和核磁共振成像(MR)技术发展成熟,广泛应用于临床诊断。通过分析一个 CT/MR 序列的人体组织器官二维切片图像,医生能够得到病灶的大小及形状,方便诊断。但 CT/MR 序列中的切片数量很多,医生对病灶位的确诊需要多组不同视点角度,而 CT 切片图像的定位,MR 不同切片间的相互定位是一个难题。针对某一幅图像,医生并不知道该切片图像在组织器官上对应的精确位置^[1]。

现有技术基于 PC 客户端在医学影像上绘制定位线正是用来解决这个问题,但由于 PC 端的移动性能较差,无法适应于现在远程医疗中医生精确定

位病人病灶的需求。而目前存在的基于 Web 的定位线绘制大多数依赖 JavaApplet 来实现,它要求用户在对医学图像进行操作时安装基于 Java 的图像处理插件,同样有着安装繁琐、推广应用不便的弊端。

因此,本文提出了一种基于 Web 的 CT/MR 图像序列定位线绘制的方法。该方法采取了高效准确的定位线算法、浏览器与 Web 服务器之间的异步请求、以及 HTML5(Hypertext Markup Language) 的画布属性等技术最终实现了 CT/MR 图像序列定位线在浏览器上的显示。该实现可以在不安装任何插件的浏览器上完成医学影像的定位线绘制,可以使医生利用任何移动设备随时随地登陆浏览器,通过网

收稿日期 2013-10-15

作者简介 谢勤岚(1968-)男,教授,研究方向:医学图像处理 E-mail: xieqinlan@126.com

基金项目 湖北省自然科学基金资助项目(2010CDZ057);中南民族大学中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(CZZ11005)

址访问医院内部的医学影像服务器,为区域医疗和远程会诊的精确诊断提供重要辅助工具.

1 技术背景

1.1 DICOM 标准及 WADO 协议

DICOM 即数字影像和通信标准,是为了统一医学影像存储和传输格式,实现系统间信息自由交换而产生的.其中 WADO 协议是用来规定 Web 医学图像信息传输的标准.根据客户端的请求,可以返回相应的影像、报告、DICOM 文件、JPG 文件等. WADO 规定了 Web 中请求不同的对象以及影像信息的参数设置方式和相关的相应的机制,为在 Web 中检索患者信息、影像、教学提供匿名 DICOM 文件等提供了便利.标准中规定其请求规则为: < 通信协议 >: //服务器地址/路径文件? 请求参数.具体实例如图 1.

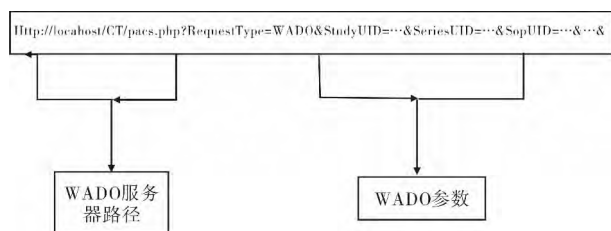


图1 基于 WADO 协议的 url 请求模板

Fig.1 Request template of the url based on WADO agreement

Web 客户端的请求参数以如图 1 中 url 的形式传给服务器.根据 DICOM 中的 WADO 标准, RequestType = WADO 是请求参数中的必选参数,该参数为服务器的请求标识,表明请求来自 Web,请求符合 WADO 标准;3 个 UID(StudyUID、SeriesUID、ObjectUID) 分别为检查唯一标识、对象序列唯一标识、对象唯一标识,这些参数用来指定请求的 DICOM 对象.其他的可选参数如 Rows、Columns、WindowCenter、WindowWidth、ImageQuality 等分别表示图像高度、图像宽度、窗位、窗宽、图像质量等.

1.2 数据信息

标准的 DICOM 文件由文件头和数据信息构成. DICOM 文件头包含了标识数据集的相关信息.数据信息是 DICOM 数据元素 Tag 的组号从 0x0008 开始的数据元素构成的数据集.数据信息按内容可分为图像文件数据信息和非图像文件数据信息.图像文件数据信息是多个信息对象的复合体,包括病人 (Patient)、检查 (Study)、系列 (Series) 和图像 (Image) 数据等数据元素;非图像文件数据信息由

目录管理、病人管理、检查管理、就诊管理、结果管理等管理信息和其它信息构成^[2].数据元素结构见表 1.

表1 数据元素结构

Tab.1 Data element structure

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

元素标识 Tag 是 DICOM 数据元素的标记号,它由组号和元素号构成,是与每个数据一一对应的标记,如 0002、0003 就是组号为 0x0002,元素号为 0x0003 的介质存储服务类实例 UID 数据元素的 Tag 号.值表示 VR(value representation) 是 DICOM 标准对字符、整型和浮点型等数据类型的特定表示方法.多值性 VM(Value Multiplicity) 是用于表示数据元素中包含的元素值的个数^[3].

本文中 CT/MR 的定位线绘制的服务端算法就用到了数据信息中的 Patient Position (0018 5100)、ImageType(0008 0008)、ImagePositionPatient (0020 0032)、Rows (0028 0010)、ImageOrientationPatient (0020 0037)、PixelSpacing (0028 0030)、Columns (0028 0011) 和 Frame of Reference UID(0x20 0x52) 等属性.

2 基于 WEB 的定位线绘制原理

2.1 总体结构

CT 和 MR 的 Web 定位线绘制涉及到两幅图像:定位图像和当前图像.

首先将定位图像和当前图像的唯一标识 3 个 UID 通过 TCP/IP 协议以 URL 的形式传递给 Web 服务器,然后再由 FastCGI(FastCGI 是一个常驻型的 CGI(Common Gateway Interface)) 将请求传送给 WADO 服务,WADO 服务解析 WADO 协议串,根据协议串中的 DICOM 文件的 UIDS 从数据文件存储服务中请求 DICOM 文件流,同时将 DICOM 文件流存储在数据交换区域. WADO 服务根据接收到协议串的参数,处理 DICOM 文件流得到需要的内容,最后 FastCGI 将 WADO 服务的处理结果通过 Web 服务器返回给浏览器客户端,前端获得返回的数据结果,画出基于 Web 的 CT/MR 图像序列定位线^[4 5]. Web 定位线绘制总体框架如图 2.

2.2 服务端定位线绘制算法

2.2.1 确定定位图

CT 图像定位图的判断:通过 WADO 协议传入



图 2 基于 WEB 的定位线绘制框架图

Fig.2 Positioning line drawing frame based on WEB

的 StudyUID 信息,遍历该 StudyUID 下病人的所有 CT 序列,由 DICOM 文件数据中数据元素的 Image Type 属性来判断是否是定位图片,若是 LOCALIZER 表示该图像为定位图像,若是 AXIAL 则表示为切片图像^[1]。

MR 图像定位图的判断:MR 图像的定位线是个断层,有多幅定位图,成像方式复杂,无法通过 ImageType 属性判断。而 Frame of Reference UID 属性基本上都指向了一幅不存在的图像,也无法进行有效判断。实际上 MR 定位图像是一个相对、相互的概念,只要两张图像间存在交线,那么 MR 中任何一张图像都可能成为另一张图像的定位图^[6]。

2.2.2 定位线算法模型

WADO 服务解析 url 后,得到两张图像的 UIDS,有了图像的 UID 信息,就能找到其对应的 DICOM 文件信息。从数据元素中的 Image Position Patient 和 Image Orientation Patient 两个属性,取得定位图像(记 Plane1)左上角在统一坐标系的三维坐标,假设为 $O_1(x_1, y_1, z_1)$ 和该图像的第一行、第一列的方向矢量,假设为 $\vec{r}_1 = (x_{r1}, y_{r1}, z_{r1})$ 、 $\vec{c}_1 = (x_{c1}, y_{c1}, z_{c1})$ 。

首先我们将定位图像第一行、第一列方向矢量叉乘,得到图像平面的法向量,如式(1):

$$\vec{n}_1 = \vec{r}_1 \times \vec{c}_1 = \begin{vmatrix} i & j & k \\ x_{r1} & y_{r1} & z_{r1} \\ x_{c1} & y_{c1} & z_{c1} \end{vmatrix} = \begin{pmatrix} y_{r1}z_{c1} - y_{c1}z_{r1} & z_{r1}x_{c1} - x_{r1}z_{c1} & x_{r1}y_{c1} - x_{c1}y_{r1} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

为了简化法向量表示,将其记为 $\vec{n}_1 = (d_x, d_y, d_z)$,然后得到定位图像 Plane1 的平面方程,如式(2):

$$(x - x_1)d_x + (y - y_1)d_y + (z - z_1)d_z = 0. \quad (2)$$

对于切片图像(记为 Plane2):

(1) 取出 Tag(0020,0032) 值即 Image Position Patient 属性,确定图像首个像素(即图像左上角点)在所述统一坐标系中的三维坐标值 $O_2(x_2, y_2, z_2)$;

(2) 取出 Tag(0020,0037) 值即 Image Orientation Patient 属性,确定图像的单位行向量和单位列向量分别为 $\vec{r}_2 = (x_{r2}, y_{r2}, z_{r2})$ 、 $\vec{c}_2 = (x_{c2}, y_{c2}, z_{c2})$;

$z_{c2})$;

(3) 取出 Tag(0028,0030) 值即 pixel spacing 属性,确定图像的每个像素代表的实际物理宽度和代表的实际物理高度 Spacingx, Spacingy;

(4) 取出 Tag(0028,0010) 值即 Rows 属性,确定图像的高度 SrcHeight;

(5) 取出 Tag(0028,0011) 值即 Columns 属性,确定图像的宽度 SrcWight。

如此可以得到切片图像 4 个端点的三维坐标,将其记为 $P_1(x, y, z)$ 、 $P_2(x, y, z)$ 、 $P_3(x, y, z)$ 、 $P_4(x, y, z)$ (设 P_1 点即是 O_2 点, P_2 点是切片右上角点, P_3 点是右下角点, P_4 点是左下角点),如式(3)~(5):

$$P_2 = P_1 + \vec{r}_2 \times (\text{Spacingx} \times \text{SrcWight}), \quad (3)$$

$$P_3 = P_2 + \vec{c}_2 \times (\text{Spacingx} \times \text{SrcWight}), \quad (4)$$

$$P_4 = P_1 + \vec{c}_2 \times (\text{Spacingx} \times \text{SrcWight}), \quad (5)$$

然后将 4 个已知的端点与定位图像面片算出其矢量位移,将其记为 dv_1, dv_2, dv_3, dv_4 ,如式(6):

$$dv_1 = (P_1x - O_1x) \times d_x + (P_1y - O_1y) \times d_y + (P_1z - O_1z) \times d_z. \quad (6)$$

同理可得 dv_2, dv_3, dv_4 ,如此得到以下 4 个判断式子:

$$\text{IsCross12} =$$

$$(dv_1 > 0 \& \& dv_2 < 0) \parallel (dv_1 < 0 \& \& dv_2 > 0), \quad (7)$$

$$\text{IsCross23} =$$

$$(dv_2 > 0 \& \& dv_3 < 0) \parallel (dv_2 < 0 \& \& dv_3 > 0), \quad (8)$$

$$\text{IsCross34} =$$

$$(dv_3 > 0 \& \& dv_4 < 0) \parallel (dv_3 < 0 \& \& dv_4 > 0), \quad (9)$$

$$\text{IsCross41} =$$

$$(dv_4 > 0 \& \& dv_1 < 0) \parallel (dv_4 < 0 \& \& dv_1 > 0). \quad (10)$$

假设此图像的 4 条边界为 P1P2, P2P3, P3P4, P4P1,那么根据(7)~(10)式的逻辑判断可以得知,如果点 P_1 和 P_2 分别位于已知平面的两侧,那么 IsCross12 为真,表明 P1P2 线段与平面有交点,同理如果 IsCross23 为真,表明 P2P3 线段与平面有交点,以此类推可以判断出哪些线段是与平面有交点,同时可知如果 4 条线段与平面都没有交点,那么这两张图像就是平行的,则不存在定位线。

通过以上的判断和计算,就可以找到线段与已知平面的交点,有且只会有 2 个交点,将其记为 $\text{CrossPoint1}(x, y, z)$ 、 $\text{CrossPoint2}(x, y, z)$ 。计算公式如下(假设 IsCross12 为真):

$$\text{CrossPoint1 } x = P_1x + (P_2x - P_1x) \times |dv_1| / (dv_1 - dv_2), \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{CrossPoint1 } y &= P_1y + (P_2y - P_1y) \times \\ &\quad | dv_1 / (dv_1 - dv_2) |, \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{CrossPoint1 } z &= P_1z + (P_2z - P_1z) \times \\ &\quad | dv_1 / (dv_1 - dv_2) |. \end{aligned} \quad (13)$$

同理可以得到 CrossPoint2 . 得到 CrossPoint1 , CrossPoint2 两个交点的坐标值后, 将其转换为二维坐标点 $\text{CrossPoint1}(x, y)$, CrossPoint2 , 也就是三维空间点在平面上投影点的位置, 最后再通过 Web 服务器将数据返回给浏览器客户端. 算法流程见图 3.

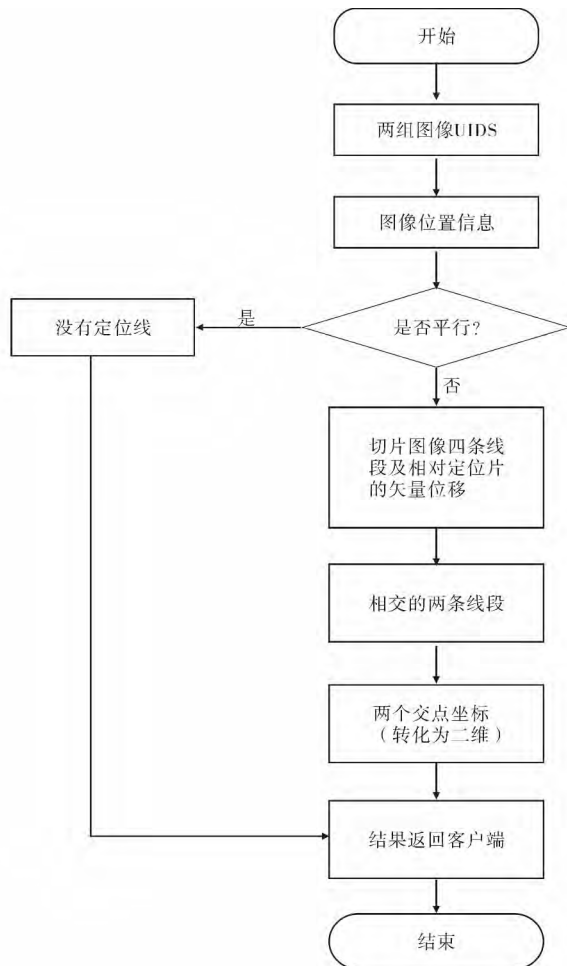


图3 服务端定位线算法流程图

Fig. 3 Positioning line algorithm flow chart on the service side

2.3 Web 客户端定位线绘制算法

服务端处理完并返回数据后, Web 客户端首先接收到 2 个二维坐标点值 $\text{LocalizerStartPoint}(x, y)$ 、 $\text{LocalizerEndPoint}(x, y)$, 分别表示起点值和终点值. 然后根据页面图像显示的大小、原图像的大小和相对显示框图像位移等将其转换为 Web 页面坐标.

假设图像的原始大小宽和高分别为 srcWidth 、 srcHeight , 基于 WADO 协议的 url 可选参数 Rows 、 Columns 向服务器请求返回. 假设 Web 页面显示框大小为 ShowFrameWidth 、 ShowFrameHeight , 得到宽和

高的分别比例如式(14)、(15):

$$\text{ratioW} = \text{ShowFrameWidth} / \text{srcWidth}, \quad (14)$$

$$\text{ratioH} = \text{ShowFrameHeight} / \text{srcHeight}. \quad (15)$$

原始图像内适应显示框后, 宽和高必定按同一比例缩放, 图像才不会失真, 而宽或高多余的部分称之为非图像区域, 用黑色填充, 缩放比例计算方法为:

(1) 如果 $\text{ratioW} < \text{ratioH}$, $\text{ratio} = \text{ratioW}$;

(2) 如果 $\text{ratioW} > \text{ratioH}$, $\text{ratio} = \text{ratioH}$.

得到缩放比例后, 然后算出图像宽和高上不是图像数据的部分, 有且只有一个方向上是有非图像区域的, 如式(16)、(17):

$$\text{offsetW} = (\text{ShowFrameWidth} - \text{ratio} \times \text{srcWidth}) / 2, \quad (16)$$

$$\text{offsetH} = (\text{ShowFrameHeight} - \text{ratio} \times \text{srcHeight}) / 2. \quad (17)$$

同时还要注意的, 图像在显示框内, 放大缩小或者移动后会有相对显示框的偏移, 这个偏移相对于显示框的左顶点将其记为 offsetLeft 、 offsetTop .

如此通过以上的数据, 可以最终算出转化为 Web 页面上的坐标值, 如式(18)、(19):

$$\begin{aligned} \text{TransStartPoint}.x &= \text{LocalizerStartPoint}.x \times \\ &\quad \text{offsetW} + \text{offsetLeft}, \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \text{TransStartPoint}.y &= \text{LocalizerStartPoint}.y \times \\ &\quad \text{offsetW} + \text{offsetTop}. \end{aligned} \quad (19)$$

同理可以获得终点的坐标 $\text{TransEndPoint}(x, y)$. 算法流程见图 4.

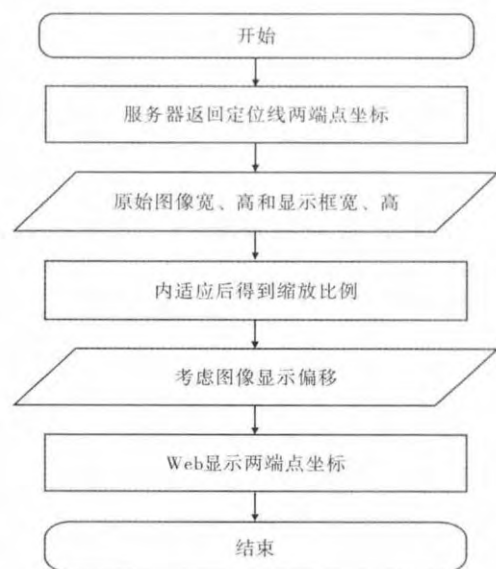


图4 Web 客户端定位线算法流程图

Fig. 4 Positioning line algorithm flow chart on the client side

3 具体实现

根据两种扫描各自的特征,CT 和 MR 的 Web 定位线绘制采取不同的显示布局:CT 的定位图像通常只在一个序列中,而且数量较少,所以采取一个显示框内存放定位图像,其他显示框内存放切片图像,来相对定位图像画定位线的布局结构。MR 则是任何图片都可能是切片图像或是定位图像,注重的是相互定位,除了当前图像,在每个显示框内的图像上都要画上定位线。

基于以上框架流程,在 Web 客户端根据 WADO 协议,客户端请求定位线信息的 url 如下模式。

(1) 3 个 UID 参数 (StudyUID、SeriesUID、SopUID) 传入当前图像的 3 个 UID。

(2) 添加 LocalizerlineUIDS 参数(自定义参数名),用于存放定位图像 3 个 UID。

(3) 其他窗宽窗位,图像高,宽等参数可选传入。

服务端收到 url 请求信息后,通过 WADO 服务解析,经过 DICOM 文件信息读取和算法流程后,再通过 Web 服务器返回计算结果,得到相对于原始图像定位线的两个二维交点坐标。

最后根据前端算法得到两个页面显示坐标点,在浏览器上创建 HTML5 的画布,用虚线连接两个点,就实现了基于 Web 的 CT/MR 图像序列中定位线的绘制。CT 和 MR 定位线绘制效果见图 5 和图 6。

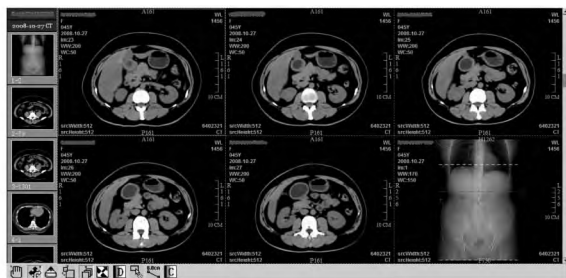


图 5 基于 Web 的 CT 图像序列定位线绘制

Fig.5 Drawing positioning line of CT image sequence based on Web



图 6 基于 Web 的 MR 图像序列定位线绘制

Fig.6 Drawing positioning line of MR image sequence based on Web

4 结语

基于 Web 的定位线是未来远程医疗不可缺少的一部分,本文针对遵循 DICOM3.0 标准组织的医学影像,实现了一种适用于 CT/MR 的图像序列定位线的绘制方法。该方法一方面继承了传统客户端 PACS 的定位线绘制的精准和算法的高效,同时克服了 PC 端的移动性能较差的缺点;另一方面基于 WADO 协议和异步请求技术的总体框架,相较于基于 Java 插件的 Web 绘制,在数据传输速度和显示流畅性上也有了很大的改进。

参 考 文 献

- [1] 周 军. CT 图像序列中定位线的绘制[J]. 科技信息(科学教研) 2007(24):458.
- [2] 彭述娟. 符合 DICOM 标准的医学影像文件管理[J]. 计算机应用 2003(12):1136-1137.
- [3] 佟英红. 无损压缩 DICOM 文件解读的实现[J]. 计算机应用 2003(10):131-132.
- [4] 曹明干. WEB PACS 系统的架构研究[J]. 医院管理论坛 2011(7):32-33.
- [5] Munch H,Engelmann U,Schroeter A. Web-based distribution of radiologica PACS to EPR[J]. International Congress Series 2003,1256:873-879.
- [6] 吴恢远. PACS 中 MR 序列定位线的绘制[J]. 中国医学装备 2009(10):6-7.