



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910045399.4

[43] 公开日 2009 年 7 月 8 日

[11] 公开号 CN 101474075A

[22] 申请日 2009.1.15

[21] 申请号 200910045399.4

[71] 申请人 复旦大学附属中山医院

地址 200032 上海市枫林路 180 号

共同申请人 上海交通大学

[72] 发明人 赵强 徐榕 蔡俊锋 陈安清
薛春芳

[74] 专利代理机构 上海交大专利事务所

代理人 王锡麟 王桂忠

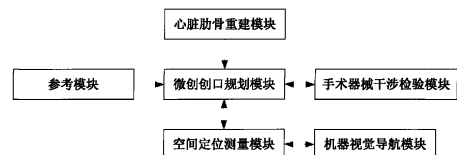
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 1 页

[54] 发明名称

微创手术导航系统

[57] 摘要

一种医疗设备技术领域的微创手术导航系统，包括：心脏肋骨重建模块、参考模块、微创创口规划模块、手术器械干涉检验模块、空间定位测量模块和机器视觉导航模块，其中：心脏肋骨重建模块的输出端与微创创口规划模块连接，参考模块与微创创口规划模块连接，手术器械干涉检验模块连接微创创口规划模块微创创口规划模块和空间定位测量模块相连接，空间定位测量模块与机器视觉导航模块相连接。本发明采用机器视觉和三维立体定位技术对手术器械进行定位和导航，克服现有微创技术中静态 CT 信息与动态内部脏器位置不匹配的缺陷。



1、一种微创手术导航系统，其特征在于，包括：心脏肋骨重建模块、参考模块、微创创口规划模块、手术器械干涉检验模块、空间定位测量模块和机器视觉导航模块，其中：心脏肋骨重建模块的输出端连接微创创口规划模块并输出内脏三维模型，参考模块连接微创创口规划模块并输出手术器械三维模型，手术器械干涉检验模块连接微创创口规划模块传输手术创口位置坐标和手术器械模型，并进行术前手术器械运动模拟，微创创口规划模块连接空间定位测量模块相传输术前技术要求信息，空间定位测量模块连接机器视觉导航模块相传输胸腔内窥镜及手术器械的位置和姿态数据，并计算出实时术中导航信息。

2、根据权利要求1所述的微创手术导航系统，其特征是，所述的心脏肋骨重建模块包括：二值化处理单元、图像分割单元和重建单元，其中：二值化处理单元将内脏的计算机断层扫描图像进行二值化处理后输出至图像分割单元，图像分割单元将分割后的肋骨和心脏的二值化断层扫描图像传输至重建单元，重建单元将二值化的断层扫描图像重建出内脏三维模型并输出至微创创口规划模块。

3、根据权利要求2所述的微创手术导航系统，其特征是，所述的二值化是指：将计算机断层扫描后获得的灰度信息的图像，根据选定的阈值，把大于阈值的像素灰度设为极大值，把小于这个值的像素灰度设为极小值。

4、根据权利要求1所述的微创手术导航系统，其特征是，所述的参考模块包括：手术操作规则库、手术器械信息库和运动规律库，其中：参考模块将手术操作规则库和运动规律库中的手术准则以及手术器械信息库中的手术器械三维模型输出至微创创口规划模块用于筛选创口位置。

5、根据权利要求1所述的微创手术导航系统，其特征是，所述的微创创口规划模块包括：创口交互选择人机界面单元和创口规划单元，其中：创口交互选择人机界面单元连接创口规划单元以接受并显示可行的手术创口位置坐标和手术器械三维模型，创口规划单元连接手术器械干涉检验模块以发出待判定的手术创口位置坐标和手术器械三维模型。

6、根据权利要求1所述的微创手术导航系统，其特征是，所述的手术器械干涉检验模块接受若干组来自微创创口规划模块的待判定的手术创口位置坐标

和手术器械模型,根据手术准则和手术器械三维模型模拟手术中器械的运动并模拟仿真计算手术器械之间的最小距离,当最小距离小于预先设定的阈值时返回微创创口规划模块重新进行筛选,当最小距离大于阈值时则输出可行的手术创口位置坐标和手术器械三维模型。

7、根据权利要求1所述的微创手术导航系统,其特征是,所述的空间定位测量模块包括:三维定位单元和配准单元,其中:三维定位单元与微创创口规划模块相连接以接受内脏三维模型、手术创口位置坐标和手术器械模型,三维定位单元另外与机器视觉导航模块连接并将胸腔内窥镜及手术器械的位置和姿态数据输出至配准单元,配准单元根据实时接收的胸腔内窥镜及手术器械的位置和姿态数据,参考内脏三维模型进行偏移量拟合计算,获得实时术中导航信息。

8、根据权利要求1所述的微创手术导航系统,其特征是,所述的机器视觉导航模块包括:胸腔内窥镜、图像采集卡、图像分析单元,其中:胸腔内窥镜的信号输出端连接图像采集卡,图像采集卡将模拟图像信号转换成数字图像信号输出至图像分析单元进行处理并生成胸腔内窥镜及手术器械的位置和姿态数据并输出至空间定位测量模块。

微创手术导航系统

技术领域

本发明涉及的是一种医疗设备技术领域的系统，具体是一种微创手术导航系统。

背景技术

采用 X 射线透视扫描辅助定位设备，明确手术器械确定的相对位置，提高精确度。然而其本身所固有的缺点却不容忽视，即辐射产生的副作用；其次，应用 X 射线透视系统辅助定位只能观察到单平面视图，当需要在多平面视图上观察器械的位置时，需要不断重复调节 C 型臂位置进行扫描定位，造成 X 射线透视扫描作业中断。

手术导航设备可使用术前的计算机断层扫描或核磁共振获得的影像进行导航，在脑、心脏领域中有较大应用，由于术中情况和术前影像差异较大，现有的导航方法获得的精度有待于进一步提高。

经过对现有技术的检索发现，中国专利申请号 200410093829.7，名称为：一种显微外科用微机械手，该设备在内窥镜引导下，由外科医生控制手术机器人完成各种手术操作，手术机器人的机械臂所夹持的手术器械以及患者需要进行手术操作的部位，都必须以“真实”成像或者直视的方式，以帮助实时地通过手术机器人控制手术器械，完成各种操作。中国专利申请号 200610011868.7，名称为：一种导航系统引导下的外科手术机器人系统，该系统沿着计划的手术途径，对患者进行手术，采用由两个红外摄像机组成的光学导航系统，并在手术器械上固定若干红外标志点，根据手术器械上的红外标志点在摄像机上成像的位置差异确定标志点在空间的位置，从而确定手术器械的位置，不足之处在于，由于心跳、呼吸等原因造成的术中目标区域和术前根据 CT 所规划的差异巨大，而该技术无法根据上述差异实现对手术病灶进行实时跟踪及判定，使得术前规划的信息可用度极低，手术的精确性绝大部分依靠医师经验而非客观数据。

发明内容

本发明针对现有技术存在的上述不足，提供一种微创手术导航系统，采用机器视觉和三维立体定位技术对手术器械进行定位和导航，克服现有微创技术中静态 CT 信息与动态内部脏器位置不匹配的缺陷。

本发明是通过以下技术方案实现的，本发明包括：心脏肋骨重建模块、参考模块、微创创口规划模块、手术器械干涉检验模块、空间定位测量模块和机器视觉导航模块，其中：心脏肋骨重建模块的输出端连接微创创口规划模块并输出内脏三维模型，参考模块连接微创创口规划模块并输出手术器械三维模型，手术器械干涉检验模块连接微创创口规划模块传输手术创口位置坐标和手术器械模型，并进行术前手术器械运动模拟，微创创口规划模块连接空间定位测量模块相传输术前技术要求信息，空间定位测量模块连接机器视觉导航模块相传输胸腔内窥镜及手术器械的位置和姿态数据，并计算出实时术中导航信息。

所述的心脏肋骨重建模块包括：二值化处理单元、图像分割单元和重建单元，其中：二值化处理单元将内脏的计算机断层扫描图像进行二值化处理后输出至图像分割单元，图像分割单元将分割后的肋骨和心脏的二值化断层扫描图像传输至重建单元，重建单元将二值化的断层扫描图像重建出内脏三维模型并输出至微创创口规划模块。

所述的二值化是指：将计算机断层扫描后获得的灰度信息的图像，根据选定的阈值，把大于阈值的像素灰度设为极大值，把小于这个值的像素灰度设为极小值。

所述的参考模块包括：手术操作规则库、手术器械信息库和运动规律库，其中：参考模块将手术操作规则库和运动规律库中的手术准则以及手术器械信息库中的手术器械三维模型输出至微创创口规划模块用于筛选创口位置。

所述的微创创口规划模块包括：创口交互选择人机界面单元和创口规划单元，其中：创口交互选择人机界面单元连接创口规划单元以接受并显示可行的手术创口位置坐标和手术器械三维模型，创口规划单元连接手术器械干涉检验模块以发出待判定的手术创口位置坐标和手术器械三维模型。

所述的手术器械干涉检验模块接受若干组来自微创创口规划模块的待判定的手术创口位置坐标和手术器械模型，根据手术准则和手术器械三维模型模拟手术中器械的运动并模拟仿真计算手术器械之间的最小距离，当最小距离小于预先

设定的阈值时返回微创创口规划模块重新进行筛选,当最小距离大于阈值时则输出可行的手术创口位置坐标和手术器械三维模型。

所述的空间定位测量模块包括:三维定位单元和配准单元,其中:三维定位单元与微创创口规划模块相连接以接受内脏三维模型、手术创口位置坐标和手术器械模型,三维定位单元另外与机器视觉导航模块连接并将胸腔内窥镜及手术器械的位置和姿态数据输出至配准单元,配准单元根据实时接收的胸腔内窥镜及手术器械的位置和姿态数据,参考内脏三维模型进行偏移量拟合计算,获得实时术中导航信息。

所述的机器视觉导航模块包括:胸腔内窥镜、图像采集卡、图像分析单元,其中:胸腔内窥镜的信号输出端连接图像采集卡,图像采集卡将模拟图像信号转换成数字图像信号输出至图像分析单元进行处理并生成胸腔内窥镜及手术器械的位置和姿态数据并输出至空间定位测量模块。

本发明通过机器视觉对目标区域进行实时动态跟踪定位,解决了由于心跳、呼吸等原因造成的术中术前变化给目标区域精确定位形成的困难的环境条件和所带来的各种复杂的、交叉的因素,克服了现有技术无法跟踪动态目标区域的困难,使得本发明的动态目标定位精度具有明显的提高,在5mm之内。机器本发明不再需要使用昂贵的设备,如X射线透视扫描辅助定位装置等。

附图说明

图1为本发明结构示意图

具体实施方式

下面结合附图对本发明的实施例作详细说明:本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

如图1所示,本实施例包括:心脏肋骨重建模块、参考模块、微创创口规划模块、手术器械干涉检验模块、空间定位测量模块和机器视觉导航模块,其中:心脏肋骨重建模块的输出端连接微创创口规划模块并输出内脏三维模型,参考模块连接微创创口规划模块并输出手术器械三维模型,手术器械干涉检验模块连接微创创口规划模块传输手术创口位置坐标和手术器械模型,并进行术前手术器械运动模拟,微创创口规划模块连接空间定位测量模块相传输术前技术要求信息,

空间定位测量模块连接机器视觉导航模块相传输胸腔内窥镜及手术器械的位置和姿态数据，并计算出实时术中导航信息。

所述的心脏肋骨重建模块包括：二值化处理单元、图像分割单元和重建单元，其中：二值化处理单元将内脏的计算机断层扫描图像进行二值化处理后输出至图像分割单元，图像分割单元将分割后的肋骨和心脏的二值化断层扫描图像传输至重建单元，重建单元将二值化的断层扫描图像重建出内脏三维模型并输出至微创创口规划模块。通过对患者胸部，包括心脏和肋骨，进行计算机断层扫描（CT），获取患者胸部医学影像资料，扫描的层间距可选择 0.625mm（或 1.25mm）。将扫描后获取的影像资料数据以医疗数字影像与传输 DICOM（Digital Imaging and Communication in Medicine）格式文件输入至心脏肋骨重建模块，对患者的影像资料数据进行二值化，结合医生判断，分割并重建患者肋骨和心脏的 3 维解剖结构模型。重建过程中，由于人体骨骼和心脏肌肉密度差异大，二值化后的灰度差异明显，可自动分割和重建；心脏和软组织间的密度差异小，二值化后的灰度差异不明显，此时采用人工辅助方式，选择感兴趣的重建区域，通过尝试后确定分割阈值，最后进行自动分割和重建。重建后获得患者心脏、肋骨和胸骨部分的 3 维解剖结构模型，该模型以点和面信息表示患者心脏和骨骼的外形，以 STL（立体光造型 stereolithography）格式文件保存供其它模块使用。

所述的参考模块包括：手术操作规则库、手术器械信息库和运动规律库，其中：参考模块将手术操作规则库和运动规律库中的手术准则以及手术器械信息库中的手术器械三维模型输出至微创创口规划模块用于筛选创口位置，其中：手术器械三维模型包括：手术器械的长短 L 、胸腔内窥镜视野大小 D ，手术准则包括：手术器械和患者体表法线夹角的最大值 α_{\max} ，病灶创口连线和病灶处法线夹角的最大值 β_{\max} 和器械活动范围值 θ_{\max} 。参考模块将手术准则和手术器械三维模型输出至微创创口规划模块用于筛选创口位置。

所述的微创创口规划模块包括：创口交互选择人机界面单元和创口规划单元，其中：创口交互选择人机界面单元连接创口规划单元以接受并显示可行的手术创口位置坐标和手术器械三维模型，创口规划单元连接手术器械干涉检验模块以发出待判定的手术创口位置坐标和手术器械三维模型。医生通过创口交互选择人机界面单元操作患者心脏肋骨模型进行旋转、平移和放大等操作，从各个角度

进行观察,标记患者心脏上的目标手术部位,在肋间选定可行的微创手术创口区域,如第4肋间,选择手术器械,然后进行微创创口规划。创口规划模块在可行的肋间每隔1cm等距生成候选创口位置,并根据目标手术位置,参考模块中的手术操作规则、手术器械信息,筛选出最佳的1组3个创口位置P1、P2和P3和进入方向V1、V2和V3,分别用于胸腔内窥镜和左右器械进入患者体内进行微创手术,并输出至手术器械干涉检验模块。筛选的条件包括器械的长度大于创口至目标手术点的距离,视野范围覆盖目标手术区域,胸腔内窥镜和手术器械和患者体表法线的夹角 $\leq \alpha_{\max}$,创口和目标手术点连线和目标手术点法线的夹角 $\leq \beta_{\max}$ 。

所述的手术器械干涉检验模块接受若干组来自微创创口规划模块的待判定的手术创口位置坐标和手术器械模型,根据手术准则和手术器械三维模型模拟手术中器械的运动并模拟仿真计算手术器械之间的最小距离,当最小距离小于预先设定的阈值时返回微创创口规划模块重新进行筛选,当最小距离大于阈值时则输出可行的手术创口位置坐标和手术器械三维模型,以防出现干涉。手术器械干涉检验模块输入创口规划模块获得的创口位置坐标P1、P2和P3和手术器械进入患者体内的方向V1、V2和V3,以P1、P2和P3为轴心,以V1、V2和V3为中心位置,在给定变化范围 $\pm\theta_1$ 、 $\pm\theta_2$ 和 $\pm\theta_3$ 内进行手术器械运动模拟,计算手术器械和胸腔内窥镜相互之间的距离,当距离小于临界值时予以报警以防出现干涉,返回至微创创口规划模块进行重新规划,直至手术器械和胸腔内窥镜相互之间的距离大于临界值,临界值可取干涉器械半径之和。

所述的空间定位测量模块包括:三维定位单元和配准单元,其中:三维定位单元与微创创口规划模块相连接以接受内脏三维模型、手术创口位置坐标和手术器械模型,三维定位单元另外与机器视觉导航模块连接并将胸腔内窥镜及手术器械的位置和姿态数据输出至配准单元,配准单元根据实时接收的胸腔内窥镜及手术器械的位置和姿态数据,参考内脏三维模型进行偏移量拟合计算,获得实时术中导航信息。由于手术时患者体位和计算机断层扫描时的体位不一致,定位测量模块将两者进行配准,即将患者术中体位和术前规划时体位相对应。在本实施例中,配准单元采用加拿大Northern Digital公司生产的3维立体定位测量仪POLARIS,对设有红外及反射光标识的胸腔镜和手术器械进行立体定位跟踪。

配准时，定位测量模块通过定位测量仪测量患者术中的体位，输入创口规划模块输出的解剖结构和创口位置，拾取 3~5 对对应点进行配准。首先在患者身上选择骨性标志，再在心脏肋骨模型上标记对应点。完成配准后，患者心脏骨架模型、胸腔内窥镜、手术器械处于同一坐标系下，根据术前规划获得的模型上的创口坐标，通过定位测量模块找到患者身上的位置。同时，定位测量模块跟踪胸腔内窥镜和手术器械的位姿，使胸腔内窥镜和手术器械按术前规划获得的创口位置 P1、P2、P3 和进入方向 V1、V2、V3 进入人体进行手术。

所述的机器视觉导航模块包括：胸腔内窥镜、图像采集卡、图像分析单元，其中：胸腔内窥镜的信号输出端连接图像采集卡，图像采集卡将模拟图像信号转换成数字图像信号输出至图像分析单元进行处理并生成胸腔内窥镜及手术器械的位置和姿态数据并输出至空间定位测量模块。所述的图像分析单元通过模式匹配跟踪病灶，给出病灶位置。定位测量模块连接视觉导航模块，输出胸腔内窥镜和手术器械的位姿信息。视觉导航模块分析胸腔内窥镜获得的图像，心脏周围的背景环境比较复杂，有毛细血管、肌纤维、脂肪等，胸腔内窥镜获得的图像是彩色图像，包含丰富的颜色信息。病灶的情况具有不确定性，所以不能单靠颜色定位识别出病灶的位置。根据外科医师的临床经验可知，病灶的形状具有和周围环境不同的特征。为提高匹配成功率，本实施例采用了颜色定位和灰度特征模式匹配相结合的方式，通过颜色快速找出病灶可能的位置区域，再通过特征模式匹配病灶，供外科医生参考。通过颜色快速找出病灶可能的位置区域，再通过特征模式匹配病灶，供外科医生参考，匹配阈值可取 600（最高 1000）。为提高匹配成功率，本实施例同时在胸腔内窥镜上固定被动式反光球，定位测量模块通过反光球跟踪胸腔内窥镜的运动，计算病灶的坐标信息。医生可根据视觉导航系统标识的病灶位置或手术器械定位测量模块操作手术器械。视觉导航模块中的胸腔内窥镜采用 RICHARD WOLF 5507 3CCD ENDOCAM，胸腔内窥镜光源采用 RICHARD WOLF 5123 AUTO LP，监视器选用 SONY PVM-14L4，图像采集卡选用 NI PCI 1406 图像采集卡。

本实施例通过以下方式进行工作：手术前，首先对患者进行计算机断层扫描（CT），扫描范围为患者胸部，包括微创手术目标区域和肋骨，层间距可取 0.625mm/1.25mm，将扫描获得的影像资料数据以医疗数字影像与传输 DICOM

(Digital Imaging and Communication in Medicine) 格式文件输入至心脏肋骨重建模块重建患者手术区域的 3 维心脏和肋骨模型, 医生通过创口交互选择人机界面标识心脏上的目标手术区域和可行的创口区域, 由创口规划单元进行筛选, 并将初步结果交由手术器械干涉检验模块进行验证, 从而获得 1 组 3 个创口位置和进入方向, 高亮显示供医生确认, 从而完成术前规划。

手术开始前, 医生首先在患者身上选择 3~5 个骨性标志, 再在心脏肋骨模型上标记对应点进行配准, 配准精度应控制在 2~3mm。完成配准后, 在空间定位测量模块的指示下, 根据术前规划获得的创口位置坐标和进入方向找到患者实际创口位置进行手术。

手术时, 胸腔内窥镜首先进入患者体内, 视觉导航模块采集胸腔内窥镜获得的图像信息, 通过颜色和特征模式匹配指示视野范围内的目标手术区域供医生参考。随后手术器械进入患者体内, 医生根据空间定位测量模块提供的胸腔内窥镜、手术器械、目标手术区域位置坐标, 以及视觉导航模块提供的目标手术区域图像信息, 操纵胸腔内窥镜和手术器械进行手术。通过空间定位测量模块和视觉导航系统的帮助, 医生能时刻知道手术器械、胸腔内窥镜、目标手术标区域的位置, 手术器械距目标手术区域的距离, 精度可控制在 5mm 之内。

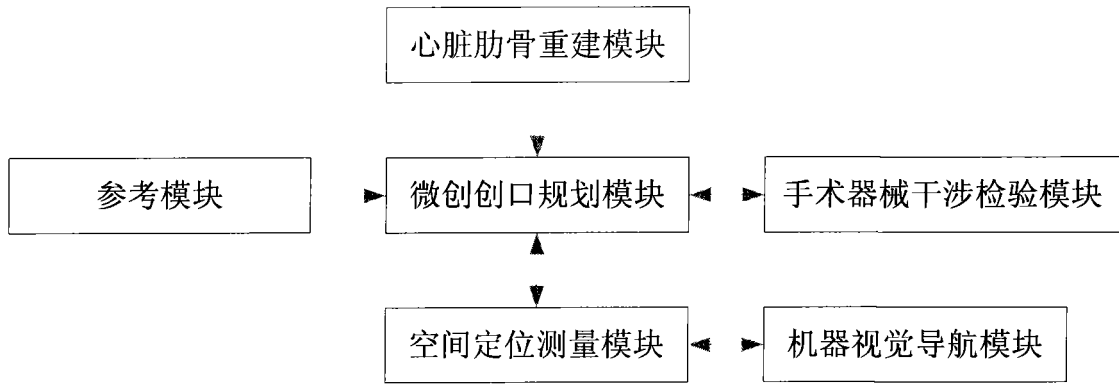


图 1

专利名称(译)	微创手术导航系统		
公开(公告)号	CN101474075A	公开(公告)日	2009-07-08
申请号	CN200910045399.4	申请日	2009-01-15
[标]申请(专利权)人(译)	复旦大学附属中山医院 上海交通大学		
申请(专利权)人(译)	复旦大学附属中山医院 上海交通大学		
当前申请(专利权)人(译)	复旦大学附属中山医院 上海交通大学		
[标]发明人	赵强 徐榕 蔡俊锋 陈安清 薛春芳		
发明人	赵强 徐榕 蔡俊锋 陈安清 薛春芳		
IPC分类号	A61B6/03		
代理人(译)	王锡麟 王桂忠		
其他公开文献	CN101474075B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种医疗设备技术领域的微创手术导航系统，包括：心脏肋骨重建模块、参考模块、微创创口规划模块、手术器械干涉检验模块、空间定位测量模块和机器视觉导航模块，其中：心脏肋骨重建模块的输出端与微创创口规划模块连接，参考模块与微创创口规划模块连接，手术器械干涉检验模块连接微创创口规划模块微创创口规划模块和空间定位测量模块相连接，空间定位测量模块与机器视觉导航模块相连接。本发明采用机器视觉和三维立体定位技术对手术器械进行定位和导航，克服现有微创技术中静态CT信息与动态内部脏器位置不匹配的缺陷。

