



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106780395 B

(45)授权公告日 2019.12.20

(21)申请号 201611256543.5

(22)申请日 2016.12.30

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106780395 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(73)专利权人 上海联影医疗科技有限公司  
地址 201807 上海市嘉定区城北路2258号

(72)发明人 徐璐 王思睿 陈鸣之

(74)专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

代理人 郝传鑫 贾允

(51)Int.Cl.

G06T 5/00(2006.01)

G06T 7/00(2017.01)

(56)对比文件

CN 105615911 A,2016.06.01,

CN 102325499 A,2012.01.18,

US 2016029978 A1,2016.02.04,

US 2011150307 A1,2011.06.23,

审查员 申晓科

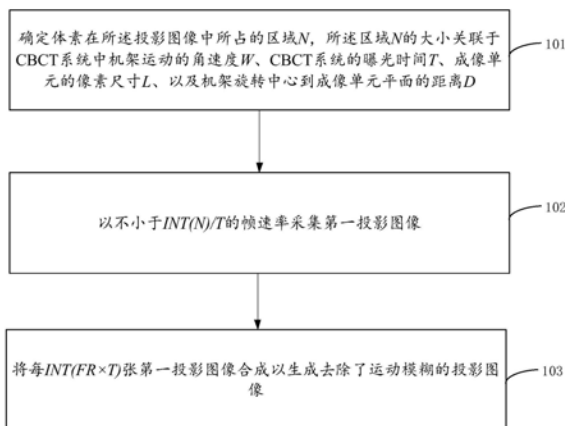
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54)发明名称

去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法及装置

(57)摘要

本发明公开了一种去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法、装置及CBCT系统,所述去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法包括确定体素在所述投影图像中所占的区域N,所述区域N的大小关联于CBCT系统中机架运动的角速度W、CBCT系统的曝光时间T、成像单元的像素尺寸L、以及机架旋转中心到成像单元平面的距离D;以不小于 $\frac{INT(N)}{T}$ 的帧速率采集第一投影图像,将每INT(FR×T)张第一投影图像合成以生成去除了运动模糊的投影图像。采用本发明的方法合成后的投影图像消除了探测器运动造成的运动模糊,能够显著提高投影图像的空间分辨率和信噪比。



1. 一种去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法,其特征在于,包括:

确定体素在所述投影图像中所占的区域N,所述区域N的大小关联于CBCT系统中机架运动的角速度W、CBCT系统的曝光时间T、成像单元的像素尺寸L、以及机架旋转中心到成像单元平面的距离D;

以不小于 $\frac{INT(N)}{T}$ 的帧速率采集第一投影图像,将每INT (FR×T) 张第一投影图像合成以生成去除了运动模糊的投影图像,其中,INT (N) 为对所述区域N取整,FR为帧速率;

所述将每INT (FR×T) 张第一投影图像合成以生成去除了运动模糊的投影图像包括:

在INT (FR×T) 张第一投影图像中选取第i张第一投影图像作为基准第一投影图像;

以所述基准第一投影图像为基准,将第j张第一投影图像平移以使得同一体素在基准第一投影图像中的像重合,其中, $i \in [1, INT (FR \times T)]$ ,  $j \in [1, INT (FR \times T)]$ 。

2. 如权利要求1所述的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法,其特征在于,所述区域N通过如下公式获得:

$$N = \frac{W \times T \times \pi \times D}{180 \times L}。$$

3. 如权利要求1所述的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法,其特征在于,所述在INT (FR×T) 张第一投影图像中选取第i张第一投影图像作为基准第一投影图像之前,还包括:对采集到的第一投影图像进行分组的步骤;每组第一投影图像均为同一体素的投影图像;

所述在INT (FR×T) 张第一投影图像中选取第i张第一投影图像作为基准第一投影图像包括:在每组第一投影图像中,选取其中一张作为基准第一投影图像;

所述以所述基准第一投影图像为基准,将第j张第一投影图像平移以使得同一体素在基准第一投影图像中的像重合,包括:以所述基准第一投影图像为基准,将第j张第一投影

图像平移 $\frac{INT(N) - 1}{INT(FR \times T) - 1} |i - j|$ 以使得同一体素在基准第一投影图像中的像重合。

4. 如权利要求1所述的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法,其特征在于,所述N的取值范围为:(1,10]。

5. 如权利要求1所述的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法,其特征在于,还包括:

控制CBCT系统中X射线源的焦斑沿着与所述X射线源的运动方向相反的方向运动,以使得所述X射线源的焦斑相对于地面坐标系静止。

6. 一种去除CBCT系统投影图像中运动模糊的装置,其特征在于,包括:

区域确定模块,用于确定体素在所述投影图像中所占的区域N,所述区域N的大小关联于CBCT系统中机架运动的角速度W、CBCT系统的曝光时间T、成像单元的像素尺寸L、以及机架旋转中心到成像单元平面的距离D;

图像采集模块,用于以不小于 $\frac{INT(N)}{T}$ 的帧速率采集第一投影图像,其中,为对所述区域N取整;

图像合成模块,用于将每INT (FR×T) 张第一投影图像合成以生成去除了运动模糊的投

影图像,其中FR为帧速率;所述图像合成模块包括:

基准图像选取单元,用于在INT (FR×T) 张第一投影图像中选取第i张第一投影图像作为基准第一投影图像;

合成单元,用于以所述基准第一投影图像为基准,将第j张第一投影图像平移以使得同一体素在基准第一投影图像中的像重合,其中, $i \in [1, \text{INT}(\text{FR} \times \text{T})]$ , $j \in [1, \text{INT}(\text{FR} \times \text{T})]$ 。

7.如权利要求6所述的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的装置,其特征在于,所述区域N通过如下公式获得:

$$N = \frac{W \times T \times \pi \times D}{180 \times L}。$$

8.如权利要求6所述的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的装置,其特征在于,所述图像合成模块还用于:

对采集到的第一投影图像进行分组;每组第一投影图像均为同一体素的投影图像;以及,在每组第一投影图像中,选取其中一张作为基准第一投影图像;

所述合成单元,用于以所述基准第一投影图像为基准,将第j张第一投影图像平移 $\frac{\text{INT}(N) - 1}{\text{INT}(\text{FR} \times \text{T}) - 1} |i - j|$ 以使得同一体素在基准第一投影图像中的像重合。

9.如权利要求6所述的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的装置,其特征在于,还包括:

控制模块,用于控制CBCT系统中X射线源的焦斑沿着与所述X射线源的运动方向相反的方向运动,以使得所述X射线源的焦斑相对于地面坐标系静止。

10.一种CBCT系统,其特征在于,包括权利要求6-9中任意一项所述的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的装置。

## 去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理,尤其涉及一种去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法、装置及CBCT系统。

### 背景技术

[0002] 锥形束计算机断层重建(CBCT)是采用锥形束投影计算机重组断层影像的技术,其原理是X线发生器以较低的射线量围绕目标体做环形DR(数字放射曝光),然后将围绕目标体多次曝光后的数据集在计算机中重建三维体数据,CBCT相对于传统的螺旋CT差异主要在探测器上,传统螺旋CT采用线阵传感器而CBCT采用面阵传感器,螺旋CT采用准一维数据重建出二维的切片数据,由各二维切片数据建立三维体数据,而CBCT直接采用二维投影数据重建出三维体数据,故CBCT相对于螺旋CT显著提高X线的利用率。

[0003] CBCT由于z轴覆盖面大、空间分辨率高和便于与其他临床活动(如介入手术)相结合的其优点,在医疗C型臂系统中,已成为重要的技术趋势。

[0004] CBCT的一个主要应用是获得病人血管的三维图像。对于3D血管成像,为了使血管清晰可见,在CBCT扫描阶段,需在病人的血管中注入某种高对比度的造影剂。血管扫描期间,造影剂应充分充满血管,因此需要注射大量的造影剂。

[0005] 然而,高对比度的造影剂可能伤害病人的健康,所以要控制造影剂的剂量。所需的造影剂量与血液流动速度和CBCT扫描时间相关。通常来讲,血液流动的速度是病人的自然属性,很难控制。因此,在这种情况下提高CBCT的扫描速度至关重要。CBCT的一个潜在的应用是3D心脏成像,在此应用场景下,由于病人心脏的跳动速率很快,因此扫描速度变得更为关键。总而言之,高扫描速度的CBCT系统在临床应用中具有非常大的优势。

[0006] 众所周知,CBCT存在两种扫描方式:

[0007] 1. 步进式:X射线球管(以下简称球管)和探测器运动到目标位置后停下来进行曝光,曝光结束后球管和探测器运动至下一位置。

[0008] 2. 连续式:球管和探测器连续运动,不间断的进行曝光和积分。

[0009] 基于上述扫描方式,为了获得高扫描速度的CBCT系统有以下两种解决方案:

[0010] 1. 在连续扫描模式下,提高C形臂机架旋转速度。

[0011] 通常,这种方案采用固定焦斑的组合机头或者固定焦斑的X射线球管。当机架以较高的速度旋转时,探测器和焦斑引起的运动模糊可能会被引入到图像中。图1示出了焦斑引起的运动模糊的示意图,图1中以中心X射线束的投影图像为例来说明焦斑引起的运动模糊。由图1可见,当机架高速旋转时,X射线束会穿过图1中所示的待检体的阴影区域,穿过阴影区域的X射线束会对中心X射线束在探测器上形成的像素值有所贡献,因此降低了获得的图像的质量,尤其是降低了图像的空间分辨率。为了克服由焦斑引起的运动模糊,目前的一种方式是通过增加X射线管的功率并减少曝光时间,但这样会导致成本大幅增加,且由于探测器像素尺寸较小效果不佳,也即运动模糊仍然存在。另一种方式是采用一些校正算法,包括迭代重建、盲反卷积或非盲反卷积。然而反卷积方法也只能部分解决运动模糊,而迭代重建法

则会明显地增加计算时间。

[0012] 因此,采用上述方式获得的高扫描速度的CBCT系统拍摄获得的图像的空间分辨率仍然较低。

[0013] 2.在步进式扫描模式下,采用大面积的探测器和多源X射线管。

[0014] 在高扫描速度的步进式扫描方式中若应用传统的X射线管和探测器,系统会非常不稳定,这是因为机架每一步的加速和减速需要很强的力。

[0015] 然而,对于采用多光源X射线管而言,可以通过切换各位置的光源来代替机架的旋转,这样一来,扫描速度可以非常高且也不会引入运动模糊,但这种解决方案取决于高成本和有限的球管电流。

[0016] 因此,这种方案在临床中很少应用。

[0017] 综上所述,现有的获得高扫描速度的方案是以图像质量和计算时间为代价的,连续扫描模式下的高扫描速度的CBCT系统获得的图像存在运动模糊,图像的质量不符合实际的临床需求。因此,在高扫描速度的CBCT系统中获得符合实际临床需求的高质量图像成为目前亟待解决的问题。

## 发明内容

[0018] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法,包括:

[0019] 确定体素在所述投影图像中所占的区域N,所述区域N的大小关联于CBCT系统中机架运动的角速度W、CBCT系统的曝光时间T、成像单元的像素尺寸L、以及机架旋转中心到成像单元平面的距离D;

[0020] 以不小于  $\frac{INT(N)}{T}$  的帧速率采集第一投影图像,将每INT (FR×T) 张第一投影图像合成以生成去除了运动模糊的投影图像,其中,INT (N) 为对所述区域N取整,FR为帧速率。

[0021] 进一步地,所述区域N通过如下公式获得:

$$[0022] \quad N = \frac{W \times T \times \pi \times D}{180 \times L}。$$

[0023] 进一步地,

[0024] 所述将每INT (FR×T) 张第一投影图像合成以生成去除了运动模糊的投影图像包括:

[0025] 在INT (FR×T) 张第一投影图像中选取第i张第一投影图像作为基准第一投影图像;以所述基准第一投影图像为基准,将第j张第一投影图像平移  $\frac{INT(N)-1}{INT(FR \times T)-1} |i - j|$  以使  
得同一体素在基准第一投影图像中的像重合,其中,  $i \in [1, INT (FR \times T)]$ ,  $j \in [1, INT (FR \times T)]$ 。

[0026] 进一步地,所述N的取值范围为:(1,10]。

[0027] 进一步地,所述去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法还包括:

[0028] 控制CBCT系统中X射线源的焦斑沿着与所述X射线源的运动方向相反的方向运动,以使得所述X射线源的焦斑相对于地面坐标系静止。

[0029] 本发明还提供了一种去除CBCT系统投影图像中运动模糊的装置,包括:

[0030] 区域确定模块,用于确定体素在所述投影图像中所占的区域N,所述区域N的大小关联于CBCT系统中机架运动的角速度W、CBCT系统的曝光时间T、成像单元的像素尺寸L、以及机架旋转中心到成像单元平面的距离D;

[0031] 图像采集模块,用于以不小于 $\frac{INT(N)}{T}$ 的帧速率采集第一投影图像,其中,INT(N)为对所述区域N取整;

[0032] 图像合成模块,用于将每INT(FR×T)张第一投影图像合成以生成去除了运动模糊的投影图像,其中,FR为帧速率。

[0033] 进一步地,所述区域N通过如下公式获得:

$$[0034] \quad N = \frac{W \times T \times \pi \times D}{180 \times L}。$$

[0035] 进一步地,所述图像合成模块包括:

[0036] 基准图像选取单元,用于在INT(FR×T)张第一投影图像中选取第i张第一投影图像作为基准第一投影图像;

[0037] 合成单元,用于以所述基准第一投影图像为基准,将第j张第一投影图像平移 $\frac{INT(N)-1}{INT(FR \times T)-1} |i - j|$ 以使得同一体素在基准第一投影图像中的像重合,其中, $i \in [1, INT(FR \times T)]$ ,  $j \in [1, INT(FR \times T)]$ 。

[0038] 进一步地,所述去除CBCT系统投影图像中运动模糊的装置还包括:

[0039] 控制模块,用于控制CBCT系统中X射线源的焦斑沿着与所述X射线源的运动方向相反的方向运动,以使得所述X射线源的焦斑相对于地面坐标系静止。

[0040] 本发明还提供一种CBCT系统,包括上述的去除了CBCT系统投影图像中运动模糊的装置。

[0041] 与现有技术相比,本发明技术方案具有以下优点:

[0042] 通过先确定体素在所述投影图像中所占的区域N,所述区域N的大小关联于CBCT系统中机架运动的角速度W、CBCT系统的曝光时间T、成像单元的像素尺寸L、以及机架旋转中心到成像单元平面的距离D;然后以不小于 $\frac{INT(N)}{T}$ 的帧速率采集第一投影图像;最后将每

INT(FR×T)张第一投影图像合成以生成去除了运动模糊的投影图像。由于以不小于 $\frac{INT(N)}{T}$

的高帧速率来采集第一投影图像,且对每INT(FR×T)张第一投影图像进行合成进而可以去除高扫描速度的CBCT系统中探测器运动而导致的运动模糊,提高了图像的空间分辨率和信噪比,进而提高了图像的质量,获得了符合实际临床需求图像。

[0043] 进一步地,由于通过控制CBCT系统中X射线源的焦斑沿着与所述X射线源的运动方向相反的方向运动,使得所述X射线源的焦斑相对于地面坐标系静止,进而可以去除CBCT系统中由于焦斑引起的运动模糊,进一步的提高了图像的空间分辨率和图像质量,使得最终获得的图像更加符合实际的临床需求。

## 附图说明

[0044] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案和优点,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其它附图。

[0045] 图1是焦斑引起的运动模糊的示意图;

[0046] 图2是探测器引起的运动模糊的示意图;

[0047] 图3是模糊后的投影图像的示意图;

[0048] 图4是本发明实施例1的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法的流程图;

[0049] 图5是步骤103的流程图;

[0050] 图6是合成图像的示意图;

[0051] 图7是本发明实施例2的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法的流程图;

[0052] 图8是X射线管的示意图;

[0053] 图9是本发明实施例2的焦斑运动方向与机架运动方向的示意图;

[0054] 图10是本发明实施例3的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的装置的结构框图。

## 具体实施方式

[0055] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0056] 正如背景技术中所描述的,现有CBCT系统采用步进式扫描时,若想以较低的剂量来实现高速扫描,依赖于高成本和有限的球管电流,因此很少通过步进式的CBCT系统来实现高速扫描。而对于采用连续扫描模式来实现高扫描速度的CBCT系统而言,采用现有方法获得的图像仍未能去除投影图像中的运动模糊,导致最终获得的图像的分辨率低,图像质量不符合实际的临床需求。因此,发明人从导致投影图像模糊的根源出发,从由探测器运动引起的运动模糊出发来去除投影图像中的运动模糊以提高投影图像的空间分辨率和信噪比,获得符合临床需求的图像。更进一步地,从由探测器运动引起的运动模糊和焦斑引起的运动模糊两个方面出发来去除投影图像中的运动模糊,进一步地提高投影图像的空间分辨率和信噪比,在很大程度上提高了获得的投影图像的质量。

[0057] 实施例1:

[0058] 本实施例提供一种去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法。本实施例中以所述CBCT系统的机架为C形、成像单元为探测器进行说明,但本发明的技术方案对此不做限定。本实施例中的CBCT系统包括C形的机架,X射线源和探测器,所述机架可绕机架的中心轴线旋转,所述X射线源和探测器分别设置在机架相对的两端。在CBCT系统工作过程中,受检者或受检部位位于X射线源和探测器之间,X射线源发出的射线在探测器上投影,生成投影图像。

[0059] 图2是探测器引起的运动模糊的示意图,如图2所示,在C形的机架高速转动的过程中,X射线源和探测器之间由于不能保持绝对的相对静止,因此探测器相对于X射线源有相

对运动,此时,图2中所示的中心X射线束会扫过探测器的一定区域,进而导致投影图像中出现模糊。

[0060] 图3是模糊后的投影图像的示意图,图中,黑色部分为探测器探测到的信号,由于探测器的运动,本应由一个像素单元获取的信号分布在多个像素单元中,导致投影图像出现模糊,降低图像空间分辨率的同时也降低了图像的信噪比。发明人提出,先通过提高帧速率的方式采集投影图像,然后对采集到的投影图像进行合成,以去除由于探测器运动带来的模糊。以下通过具体的实施例进行相应的说明。

[0061] 如图4所示,图4是本发明实施例1的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法的流程图,所述方法包括:

[0062] 步骤101,确定体素在所述投影图像中所占的区域N,所述区域N的大小关联于CBCT系统中机架运动的角速度W、CBCT系统的曝光时间T、成像单元的像素尺寸L、以及机架旋转中心到成像单元平面的距离D。

[0063] 在一种可选的实施方式中,所述区域N通过如下公式获得:
$$N = \frac{W \times T \times \pi \times D}{180 \times L}。$$

[0064] 步骤102,以不小于 $\frac{INT(N)}{T}$ 的帧速率采集第一投影图像,其中,INT(N)为对所述区域N取整。

[0065] 在步骤101中CBCT系统的曝光时间为T,因此探测器的帧速率为 $1/T$ ,执行步骤102,以不小于 $\frac{INT(N)}{T}$ 的帧速率采集第一投影图像,相当于以大于或等于原帧速率的INT(N)倍进行图像采集,本步骤中可以通过采用高帧速率的探测器来实现对第一投影图像的采集。

[0066] 步骤103,将每INT(FR×T)张第一投影图像合成以生成去除了运动模糊的投影图像,其中,FR为帧速率。

[0067] 作为一种可选的实施方式,如图5所示,步骤103中将每INT(FR×T)张第一投影图像合成以生成去除了运动模糊的投影图像,包括:

[0068] 步骤1030,在INT(FR×T)张第一投影图像中选取第i张第一投影图像作为基准第一投影图像;其中, $i \in [1, INT(FR \times T)]$ 。

[0069] 具体来说,在执行步骤1030前,还包括对采集到的第一投影图像进行分组的步骤:

[0070] 依次将每INT(FR×T)张第一投影图像分为一组。每组第一投影图像均为同一体素的投影图像。

[0071] 具体来说,可以根据第一投影图像的采集时间或者采集第一投影图像时对应的机架角度,将每INT(FR×T)张第一投影图像分为一组。

[0072] 在每组第一投影图像中,选取其中一张作为基准第一投影图像。

[0073] 需要说明的是,上述方法是针对在某一投影角度下采集到的投影图像进行处理的。以投影角度为5度,INT(FR×T)=3为例,三张第一投影图像可能分别对应了投影角度为5度、5.1度、5.2度。具体以哪个投影角度下的第一投影图像作为基准第一投影图像,可根据实际需求选择,本发明对此不做具体限定,只是以不同投影角度下的第一投影图像为基准第一投影图像,并将其他第一投影图像以基准第一投影图像为基准平移合成获得去除了运动模糊的投影图像后,在后续以该投影图像进行重建时,需要以作为基准第一投影图像对应的投影角度下的几何关系(从二维投影图像如何映射到三维立体空间)进行重建。



[0074] 步骤1031,以所述基准第一投影图像为基准,将第j张第一投影图像平移  $\frac{INT(N)-1}{INT(FR \times T)-1} |i - j|$  以使得同一体素在基准第一投影图像中的像重合,其中,  $i \in [1, INT(FR \times T)]$ ,  $j \in [1, INT(FR \times T)]$ 。当  $i < j$  时,以某一方向平移,当  $i > j$  时,平移的方向与  $i < j$  时d 平移方向相反; $i = j$  时,就是基准第一投影图像,不做任何平移。

[0075] 当选取好基准第一投影图像后,则可以根据该组的其他第一投影图像与基准第一投影图像之间的相对位置关系对其进行水平方向的平移,以使得同一体素在基准第一投影图像中的像重合,具体的平移量为  $\frac{INT(N)-1}{INT(FR \times T)-1} |i - j|$ 。

[0076] 以下以图6为例,对本实施例的方法进行详细说明。

[0077] 以  $INT(N) = 3$  为例,或者说以一体素在探测器上的投影图像被模糊后所占的像素单元为3个为例,图6中第一行的投影图像为以  $1/T$  的帧速率采集的投影图像,以该帧速率进行投影图像的采集时,由于探测器与X射线源之间存在相对运动,因此会产生由探测器运动导致的运动模糊。如上所述图6中同一体素的投影图像分布在3个像素单元。

[0078] 图6中第二行的三张投影图像为以正好等于  $\frac{INT(N)}{T}$  的帧速率采集的第一投影图像,也就是以3倍于采集第一行投影图像的帧速率进行采集,由于  $INT(FR \times T) = INT(N) = 3$ ,以每3张图片组成一组,分别为不同时刻拍摄到的同一体素的投影图像。

[0079] 本实施例中,若选取第二行中的第一张第一投影图像为基准第一投影图像,即,  $i = 1$ ,则将第二张第一投影图像(对应  $j = 2$ ) 和第三张第一投影图像(对应  $j = 3$ ) 进行平移以使得同一体素在基准第一投影图像中的像重合。

[0080] 对于第二张投影图像的平移量,将  $i = 1, j = 2$  代入下式计算:  $\frac{INT(N)-1}{INT(FR \times T)-1} |i - j| = 1$ ;

[0081] 对于第三张投影图像的平移量,将  $i = 1, j = 3$  代入下式计算:  $\frac{INT(N)-1}{INT(FR \times T)-1} |i - j| = 2$ 。

[0082] 对应于图6中,平移时,只需将第二张第一投影图像整体向左平移一列,第三张第一投影图像整体向左平移两列,就能使得同一体素在三张第一投影图像中的像重合。

[0083] 图6中第三行为将第二张第一投影图像平移的示意图,第四行为将第三张第一投影图像平移的示意图。

[0084] 最后,将三张第一投影图像合成以生成在该投影角度下的去除了运动模糊的投影图像。具体来说,就是将平移后的三张第一投影图像进行叠加来合成一张去除了运动模糊后的投影图像。图6中最后一行为合成后的投影图像。合成后的投影图像有效地去除了运动模糊,且合成后的投影图像的空间分辨率较高,信噪比是每张第一投影图像的信噪比的  $\sqrt{INT(FR \times T)}$  倍。

[0085] 当然,在具体的应用场景中,帧速率FR可以大于  $\frac{INT(N)}{T}$ ,例如,当  $INT(FR \times T) = 5$ ,

INT(N) = 3时,以每5张图片组成一组,分别为不同时刻拍摄到的同一体素的投影图像。若选取第一张第一投影图像为基准第一投影图像,即,  $i=1$ ,则将第二张第一投影图像(对应  $j=2$ )、第三张第一投影图像(对应  $j=3$ )、第四张第一投影图像(对应  $j=4$ )和第五张第一投影图像(对应  $j=5$ )进行平移:  $\frac{INT(N)-1}{INT(FR \times T)-1} |i-j|$  以使得同一体素在基准第一投影图像中的像重合。最后,将平移后的5张第一投影图像合成以生成在该投影角度下的去除了运动模糊的投影图像。若选取第3张为基准图像,那么第一第二张应该右移,第四第五张应该左移。本发明实施例1提供的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法,通过先确定体素在所述投影图像中被模糊后所占的区域N,然后再以不小于  $\frac{INT(N)}{T}$  的帧速率采集第一投影图像,通过将高帧速率采集到的INT(FR×T)张第一投影图像进行平移变换后进行合成进而生成去除了运动模糊的投影图像。采用本实施例的方法获得的投影图像去除了因探测器运动导致的运动模糊,提高了采集到的投影图像的空间分辨率同时也显著地提高了投影图像的信噪比。

#### [0086] 实施例2

[0087] 本实施例与实施例1的不同在于本实施例中除了考虑到由于探测器运动引起的运动模糊外,还考虑了由焦斑引起的运动模糊,也即本实施中去除了探测器和焦斑两方面引起的运动模糊。

[0088] 如图7所示,图7是本发明实施例2的去除了CBCT系统投影图像中运动模糊的方法的流程图,所述方法包括:

[0089] 步骤101,确定体素在所述投影图像中所占的区域N,所述区域N的大小关联于CBCT系统中机架运动的角速度W、CBCT系统的曝光时间T、成像单元的像素尺寸L、以及机架旋转中心到成像单元平面的距离D。

[0090] 步骤102,以不小于  $\frac{INT(N)}{T}$  的帧速率采集第一投影图像,其中,INT(N)为对所述区域N取整。

[0091] 步骤103,将每INT(FR×T)张第一投影图像合成以生成去除了运动模糊的投影图像,其中,FR为帧速率。

[0092] 步骤104,控制CBCT系统中X射线源的焦斑沿着与所述X射线源的运动方向相反的方向运动,以使得所述X射线源的焦斑相对于地面坐标系静止。

[0093] 本实施例中步骤101-103与实施例1相类似,此处不再赘述。

[0094] 在CBCT系统中,对于X射线源而言,其并不能理想成点光源,而是具有一定形状的焦斑,而且在机架高速运动的过程中,焦斑也在运动,在曝光时间内扫过了一定的区域,请继续参见图1,如图1所示,当X射线源随着机架高速旋转时,X射线束会穿过图1中所示的待检体的阴影区域,穿过阴影区域的X射线束也会对中心X射线束在探测器上形成的像素值有所贡献,焦斑运动使得穿过待检体的中心X射线束在探测器上生成的投影图像产生了模糊,为了去除焦斑运动所引起的投影图像的模糊,本实施例中通过控制CBCT系统中X射线源的焦斑沿着与所述X射线源的运动方向相反的方向运动,以使得所述X射线源的焦斑相对于地面坐标系静止。此外,本实施例中以所述X射线源为X射线管为例进行说明,本领域技术人员

知晓,X射线源也可以为加速管等,此处不做限定。图8是X射线管的示意图,如图8所示,X射线管包括:阳极1,阳极靶2和阴极灯丝4,在阳极靶2和阴极灯丝4之间施加电压以后,阴极会有电子3向阳极靶2运动,高速电子3轰击阳极靶2进而产生X射线。

[0095] 图9是本发明实施例2的焦斑运动方向与机架运动方向的示意图,如图9所示,图9中以机架向右运动进行示意,在机架高速运动的过程中,控制X射线管的焦斑由图9中示意的右侧方框的位置沿着与机架运动相反的方向运动,即图9中虚线所示的方向运动至图9中所示的左侧方框的位置。图9中的圆环示意性的代表X射线管的阳极,在控制X射线管的焦斑沿着与X射线管运动的方向相反的方向运动时,相当于使得X射线管的焦斑相对于X射线管的阳极坐标系运动,而相对于地面坐标系静止。在机架高速运动的过程中,通过控制X射线管的焦斑沿着与机架运动方向相反的方向运动,可以去除焦斑运动引起的运动模糊,进而也可以提高采集到的投影图像的空间分辨率和信噪比。

[0096] 由图8可以知晓,X射线管中阴极产生的电子3轰击阳极靶2形成焦斑,因此本实施例中,要在机架高速运动的过程中控制X射线管的焦斑沿着与所述X射线管的运动方向相反的方向运动,具体可以通过在阳极靶2和阴极灯丝4之间增加一个磁场,在该磁场作用下产生的洛伦兹力可以使得电子的运动方向与机架运动方向相反。进而实现了控制CBCT系统中X射线源的焦斑沿着与所述X射线源的运动方向相反的方向运动,且运动距离和运动速度与所述X射线源的运动距离和运动速度相同,从而实现所述X射线源的焦斑相对于地面坐标系静止。通过控制X射线源的焦斑沿着与所述X射线源的运动方向相反的方向运动,焦斑的运动可以补偿X射线源的运动,使得在采集投影图像期间内,有效焦斑看上去相对于探测器在空间的位置是固定的,进而可以去除焦斑运动引起的投影图像的模糊。

[0097] 需要说明的是,对于前述的各方法实施例,为了简单描述,故将其都表述为一系列的动作组合,但是本领域技术人员应该知悉,本发明并不受所描述的动作顺序的限制,因为依据本发明,某些步骤可以采用其他顺序或者同时进行。其次,本领域技术人员也应该知悉,说明书中所描述的实施例均属于优选实施例,所涉及的动作和模块并不一定是本发明所必须的。

[0098] 本实施例的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的方法,在实施例1去除探测器运动引起的投影图像模糊的基础上,进一步地通过控制X射线源的焦斑沿着与X射线源运动的方向相反的方向运动,有效的去除了焦斑运动引起的投影图像的模糊,进一步地提高了投影图像的空间分辨率和信噪比,在很大程度上提高了投影图像的质量,使得最终获得的投影图像更加的符合实际的临床需求。

[0099] 实施例3

[0100] 如图10所示,图10是本发明实施例3的去除CBCT系统投影图像中运动模糊的装置的结构框图,如图10所示,所述去除CBCT系统投影图像中运动模糊的装置包括:

[0101] 区域确定模块,用于确定体素在所述投影图像中所占的区域N,所述区域N的大小关联于CBCT系统中机架运动的角速度 $\omega$ 、CBCT系统的曝光时间T、成像单元的像素尺寸L、以及机架旋转中心到成像单元平面的距离D;

[0102] 图像采集模块,用于以不小于 $\frac{INT(N)}{T}$ 的帧速率采集第一投影图像,其中,INT(N)为对所述区域N取整;

[0103] 图像合成模块,用于将每INT (FR×T) 张第一投影图像合成以生成去除了运动模糊的投影图像,FR为帧速率。

[0104] 作为一种可选的实施例,所述区域N通过如下公式获得:

$$[0105] \quad N = \frac{W \times T \times \pi \times D}{180 \times L}。$$

[0106] 作为一种可选的实施例,所述图像合成模块包括:

[0107] 基准图像选取单元,用于在INT (FR×T) 张第一投影图像中选取第i张第一投影图像作为基准第一投影图像;

[0108] 合成单元,用于以所述基准第一投影图像为基准,将第j张第一投影图像平移  $\frac{INT(N)-1}{INT(FR \times T)-1} |i - j|$  以使得同一体素在基准第一投影图像中的像重合,其中,  $i \in [1, INT (FR \times T)]$ ,  $j \in [1, INT (FR \times T)]$ 。作为一种可选的实施例,本实施例的去掉CBCT系统投影图像中运动模糊的装置还包括:

[0109] 控制模块,用于控制CBCT系统中X射线源的焦斑沿着与所述X射线源的运动方向相反的方向运动,以使得所述X射线源的焦斑相对于地面坐标系静止。

[0110] 本实施例的去掉CBCT系统投影图像中运动模糊的装置的具体实施可参见去掉CBCT系统投影图像中运动模糊的方法的实施,此处不再赘述。

[0111] 本实施例还提供一种CBCT系统,包括上述的去掉CBCT系统投影图像中运动模糊的装置。

[0112] 上述实施例中的集成的单元或模块如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在计算机可读的存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在存储介质中,包括若干指令用以使得一台或多台计算机设备(可为个人计算机、服务器或者网络设备)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。

[0113] 另外,在本发明各个实施例中的各功能单元或模块可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0114] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

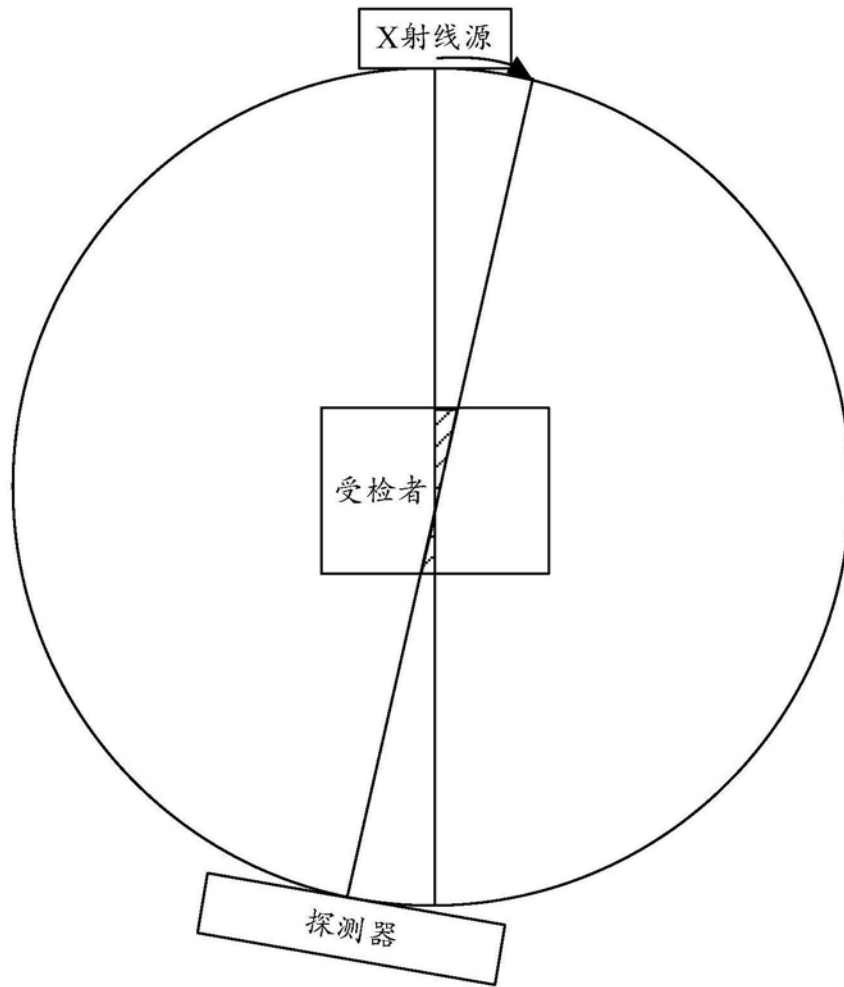


图1

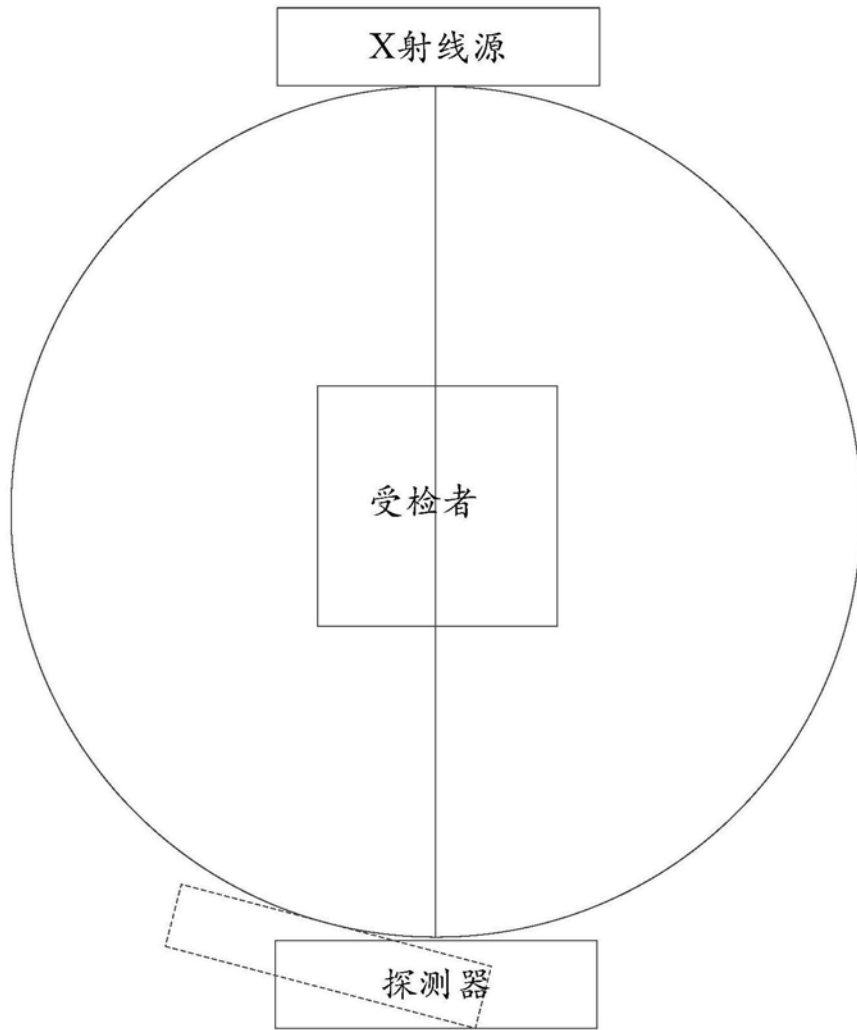


图2

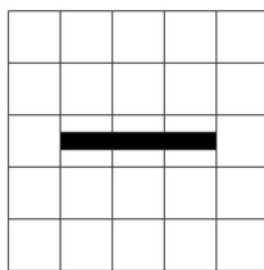


图3

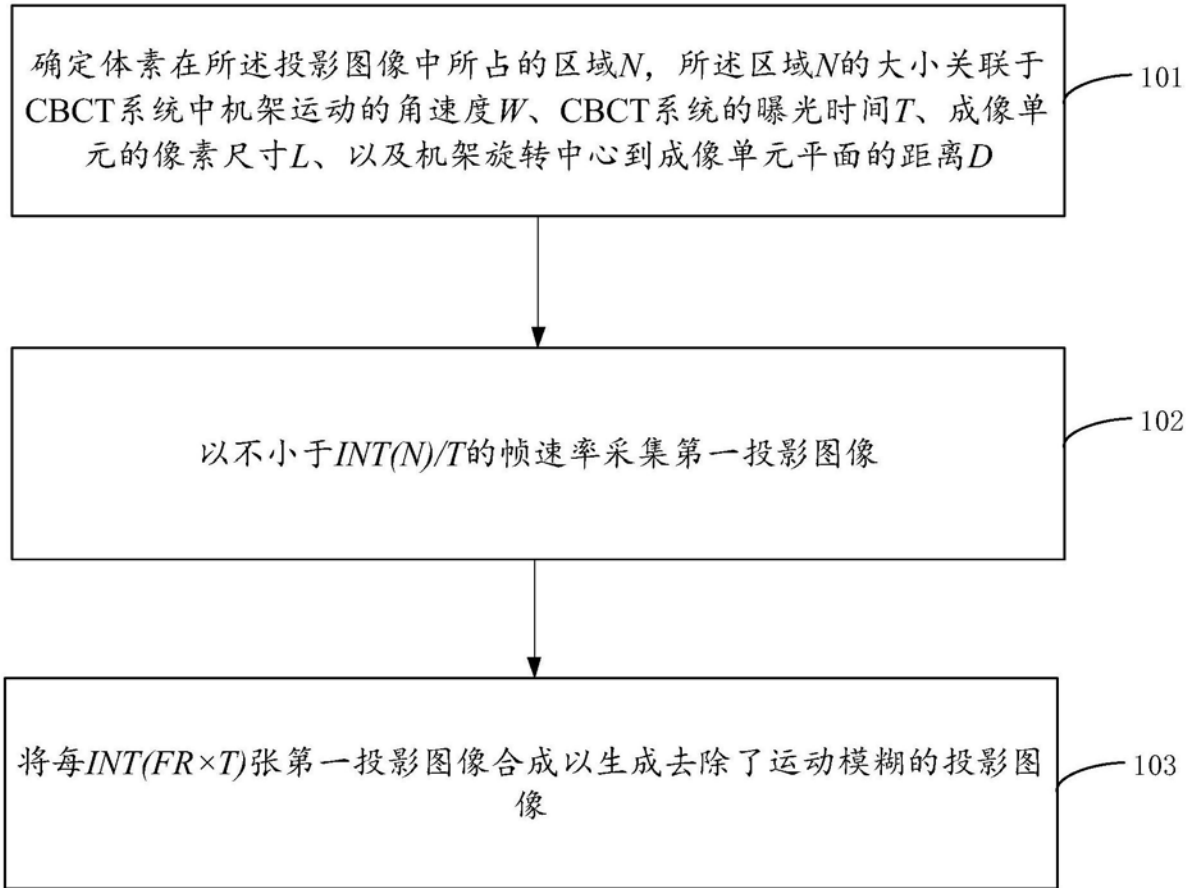


图4

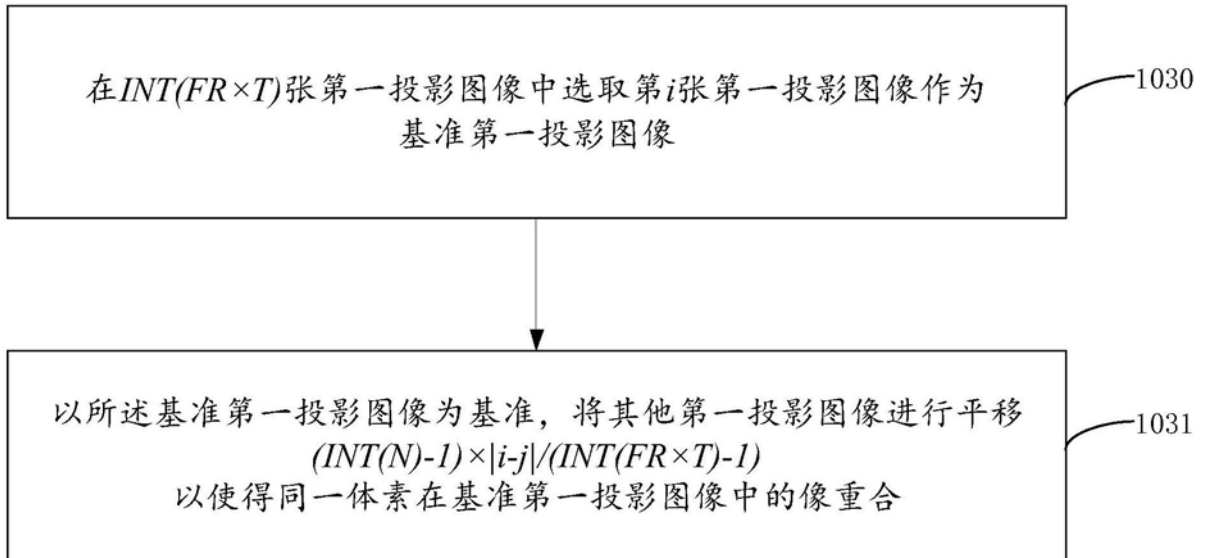


图5

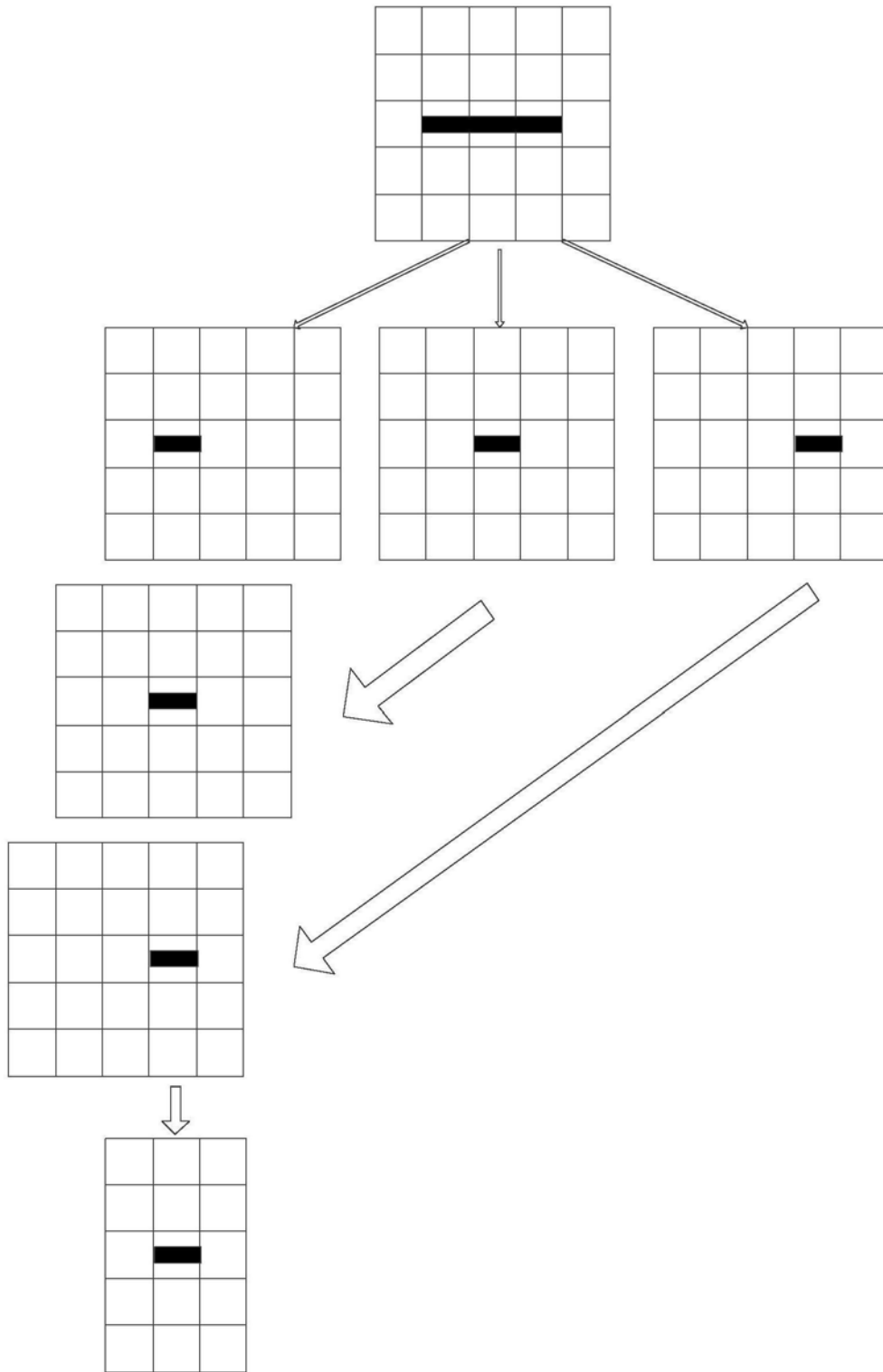


图6



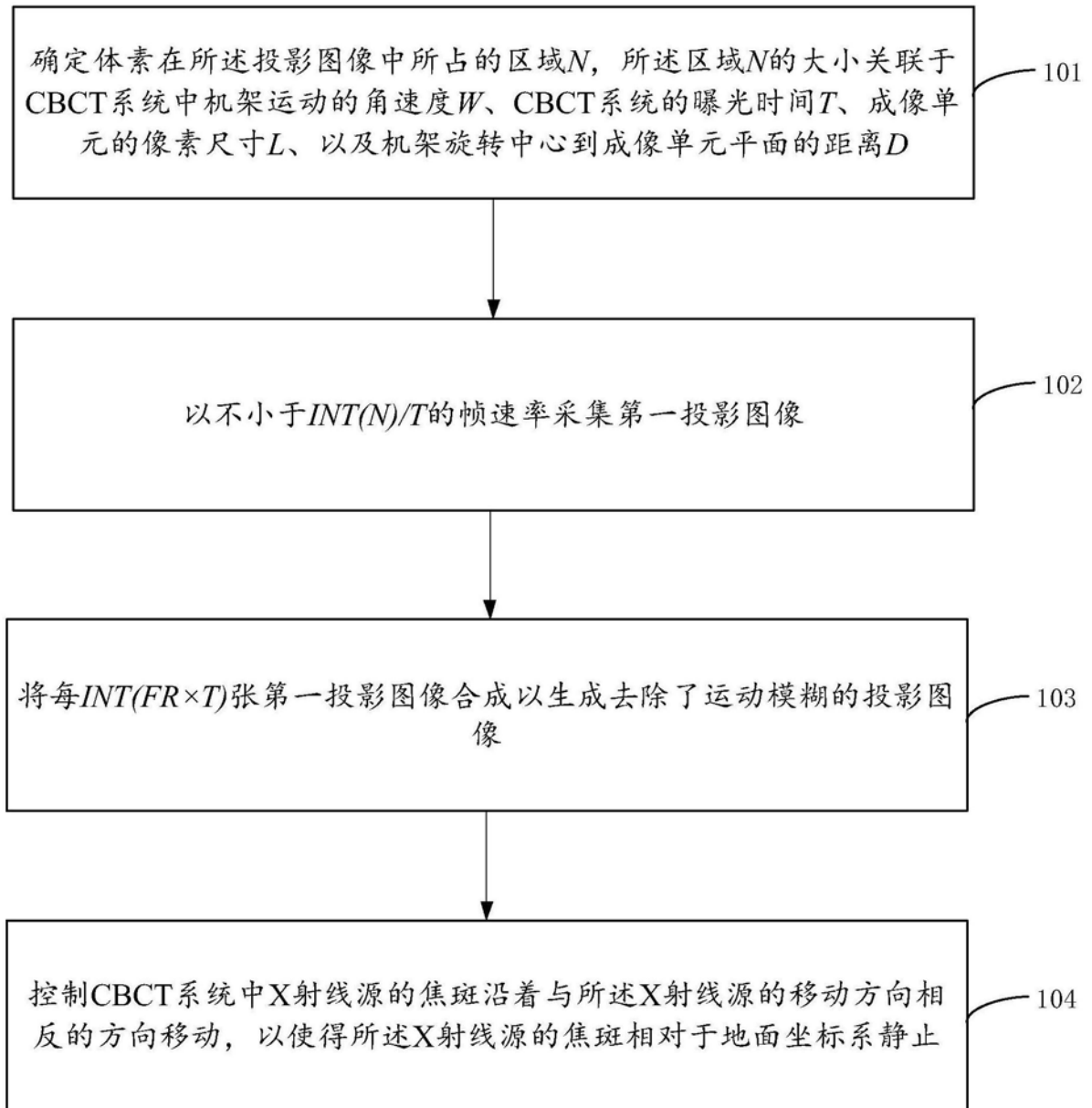


图7

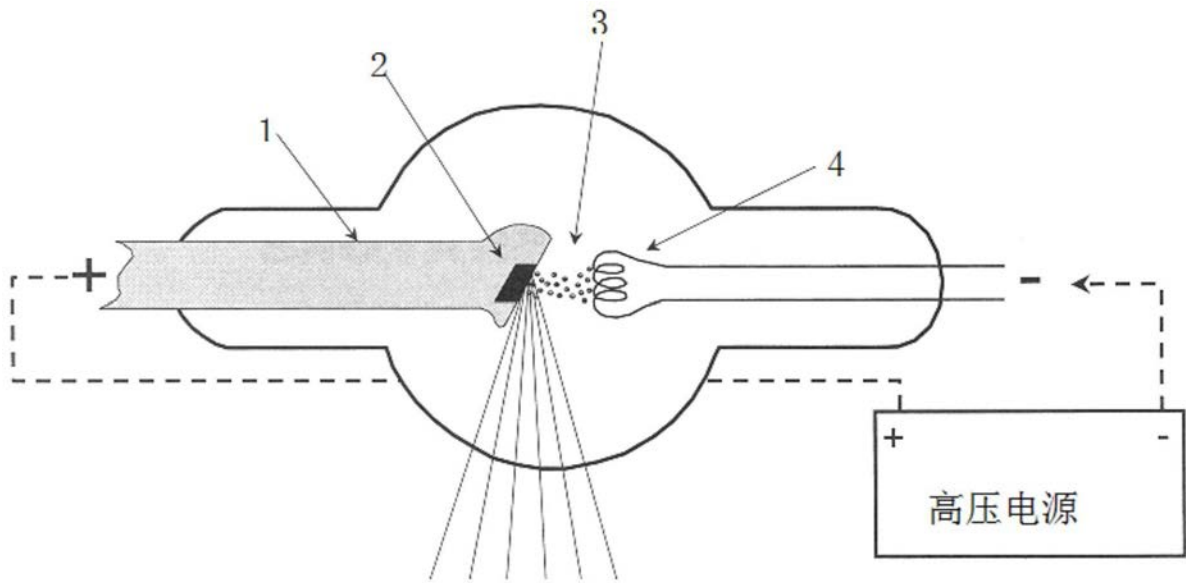


图8

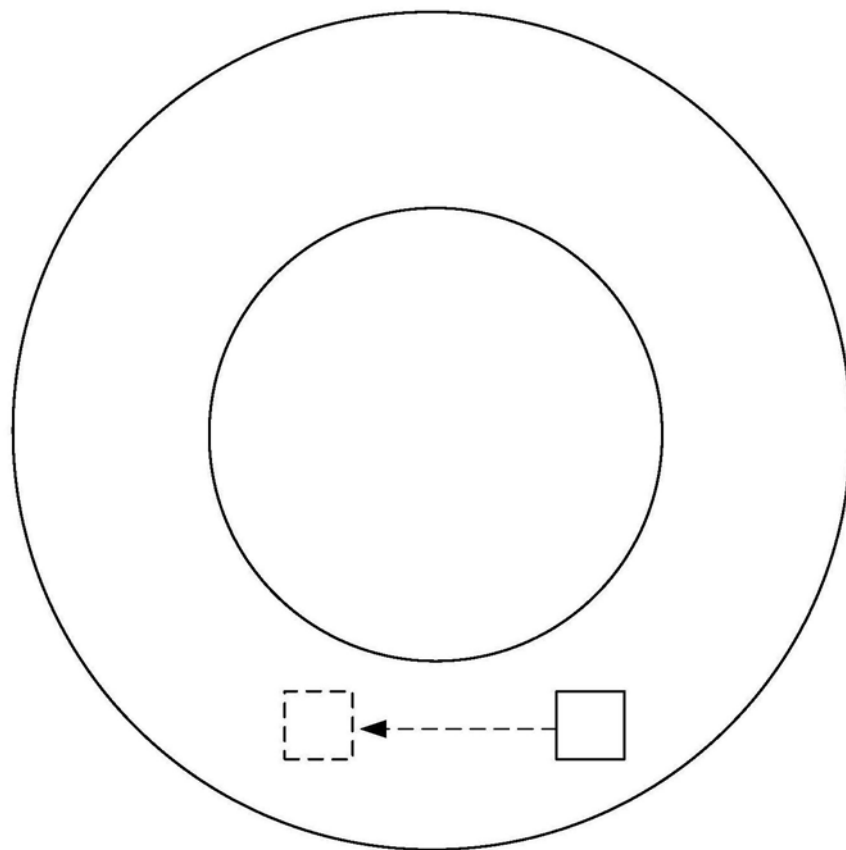


图9

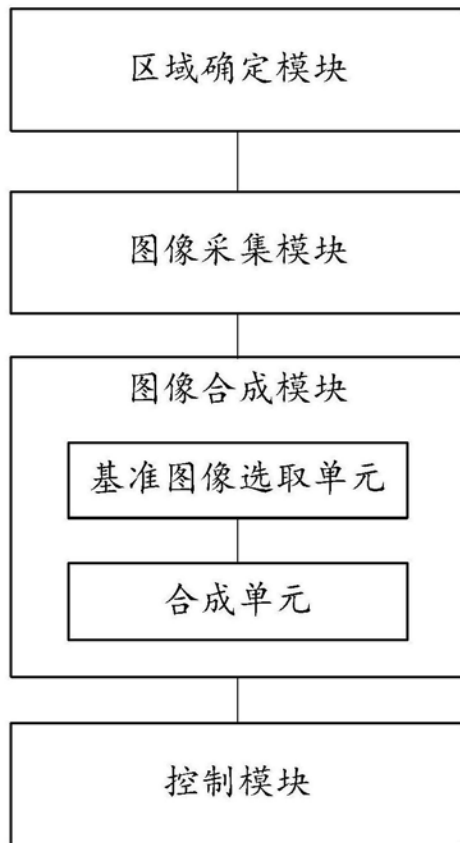


图10