

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2025 年 2 月 20 日 (20.02.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/035380 A1

(51) 国际专利分类号:
G06T 5/00 (2024.01) **G06T 19/00** (2011.01)
G06T 11/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/113053

(22) 国际申请日: 2023 年 8 月 15 日 (15.08.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 胡战利 (HU, Zhanli); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。付明翰 (FU, Minghan); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。张娜 (ZHANG, Na); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。梁栋 (LIANG, Dong); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。郑海荣 (ZHENG, Hairong); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。杨永峰 (YANG, Yongfeng); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市科进知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENZHEN KEJIN INTELLECTUAL

(54) Title: PET IMAGING METHOD AND APPARATUS BASED ON OPTICAL FLOW REGISTRATION, AND DEVICE AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 基于光流配准的PET成像方法、装置、设备及存储介质

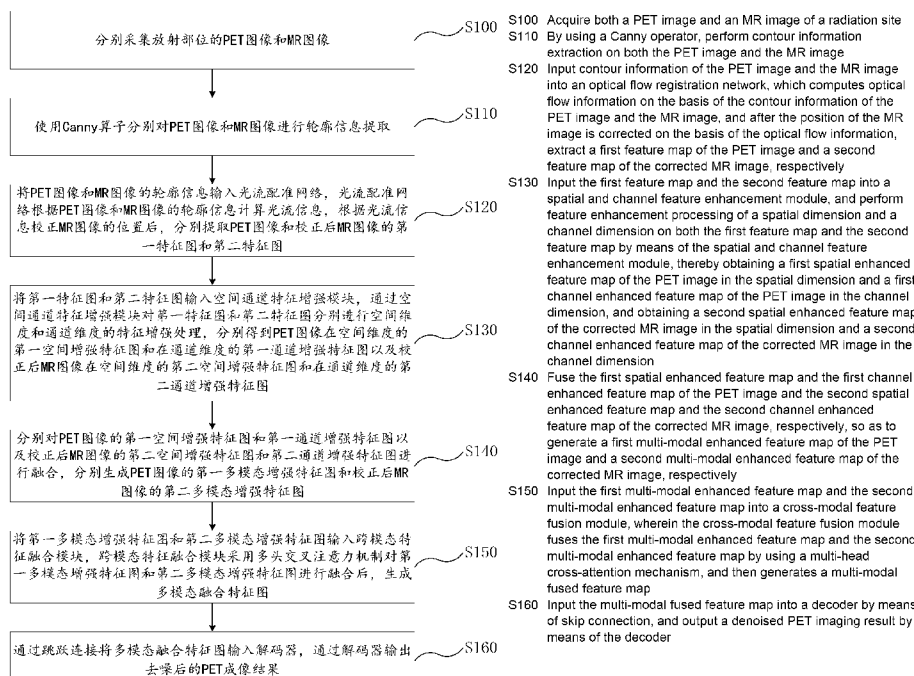


图 1

(57) Abstract: The present application relates to a PET imaging method and apparatus based on optical flow registration, and a device and a storage medium. The method comprises: correcting the position of an MR image, and extracting a first feature map of the PET image and a second feature map of a corrected MR image; performing feature enhancement processing of a spatial dimension and a channel dimension on both the first feature map and the second feature map, and fusing feature enhancement processing results of the spatial dimension and the channel dimension to generate a first multi-modal enhanced feature map of the PET image and a second

PROPERTY OFFICE); 中国广东省深圳市南山区粤兴三道二号虚拟大学园产业化基地A701室, Guangdong 518000 (CN)。

- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

multi-modal enhanced feature map of the corrected MR image; and fusing the first multi-modal enhanced feature map and the second multi-modal enhanced feature map by means of a cross-modal feature fusion module and using a multi-head cross-attention mechanism, so as to generate a multi-modal fused feature map, and on the basis of the multi-modal fused feature map, generating a reconstructed PET image. By means of the present application, the features of PET and MR can be effectively fused to obtain a clearer reconstructed PET image.

(57) 摘要: 本申请涉及一种基于光流配准的PET成像方法、装置、设备以及存储介质。所述方法包括: 校正MR图像的位置, 并提取PET图像和校正后MR图像的第一特征图和第二特征图; 对第一特征图和第二特征图分别进行空间维度和通道维度的特征增强处理, 并将空间维度和通道维度的特征增强处理结果进行融合, 生成所述PET图像的第一多模态增强特征图和校正后MR图像的第二多模态增强特征图; 通过跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制对所述第一多模态增强特征图和第二多模态增强特征图进行融合, 生成多模态融合特征图, 根据多模态融合特征图生成PET重建图像。本申请可以有效融合PET和MR的特征, 得到更加清晰的PET重建图像。

基于光流配准的 PET 成像方法、装置、设备及存储介质

技术领域

本申请属于医学成像技术领域，特别涉及一种基于光流配准的 PET 成像方法、装置、设备以及存储介质。

背景技术

PET (Positron Emission Tomography, 正电子发射断层成像) 是一种重要的医学成像技术，用于获取生物体内部的功能和代谢信息。它通过检测放射性同位素标记的生物分子在体内的分布和浓度来揭示组织和器官的代谢活动。在 PET 成像过程中，患者会接受一种被标记的放射性药物，通常是带有正电子放射性同位素的葡萄糖分子（氟-18 标记的葡萄糖，FDG）。这些药物被注射到患者体内后，它们会被身体的组织和器官代谢吸收。正电子发生衰变后会释放出两个高能正电子，这些正电子与体内的电子相遇并发生湮灭反应。在湮灭过程中，产生了两个相对方向的伽玛光子，这些光子可以被探测器捕获。

由于 PET 扫描过程中放射性同位素的使用以及与其相关的辐射剂量是患者和医护人员面临的潜在风险，PET 辐射剂量问题越来越受到人们的重视。然而，随着辐射剂量和扫描时间的降低，更多的噪声会出现在成像过程中，从而导致 PET 成像质量较差。

为了解决上述问题，Yuru He 等人于 2021 年在 IEEE Access 期刊上发表了题为《Dynamic PET Image Denoising With Deep Learning-Based Joint Filtering》的文章。该研究基于空间变体线性表示模型 (SVLRM) 的结构，对网络框架进行了改进。研究采用了具有 12 个卷积层的 CNN 对 PET 噪声图像进行去噪。在网络输入端，该文章将 PET 和 MR (Magnetic Resonance, 核磁共振) 图像进行融合，

通过通道维度的拼接将两个模态的信息结合起来。随后，通过共享权重的网络模型处理融合后的输入，并输出最终的去噪PET图像。然而，由于PET和MR模态之间可能存在不配准问题，该文章在多模态融合过程中没有有效解决这个问题；另外，信息融合的过程也存在改进的空间。

同时，现有的PET成像技术还存在以下不足：

1、PET扫描时间长：PET扫描过程中，需要对患者进行连续的图像采集，导致整个扫描过程变得相对较长，会给患者带来不便，并且可能增加扫描过程中的不适感。

2、图像重建速度慢：全采样所采集的数据量较大，需要进行复杂的图像重建算法，导致图像重建速度较慢，延长了诊断过程的时间。

3、运动伪影：长时间的扫描过程容易受到患者运动的影响，导致图像出现伪影，从而降低图像质量，影响医生对患者病情的准确判断。

4、缺乏多模态数据使用及配准：大部分算法仅基于单一的PET模态进行去噪，忽略了利用MR先验知识引导PET图像去噪的可能性，限制了算法在利用多模态信息方面的能力。

5、多模态融合过程处理简单：现有算法在多模态融合中通常只是简单地将多模态数据在通道维度上拼接起来，缺乏对多模态特征有效交互的深入探究。这种简单的拼接方法可能无法充分利用多模态数据之间的相关性和互补性，导致融合结果不尽如人意。

发明内容

本申请提供了一种基于光流配准的PET成像方法、装置、设备以及存储介质，旨在至少在一定程度上解决现有技术中的上述技术问题之一。

为了解决上述问题，本申请提供了如下技术方案：

一种基于光流配准的 PET 成像方法，包括：

分别采集放射部位的 PET 图像和 MR 图像；

通过光流配准网络获取所述 PET 图像和 MR 图像的光流信息，根据所述光流信息校正 MR 图像的位置后，分别提取所述 PET 图像和校正后 MR 图像的第一特征图和第二特征图；

通过空间通道特征增强模块对所述第一特征图和第二特征图分别进行空间维度和通道维度的特征增强处理，并将空间维度和通道维度的特征增强处理结果进行融合，生成所述 PET 图像的第一多模态增强特征图和校正后 MR 图像的第二多模态增强特征图；

通过跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制对所述第一多模态增强特征图和第二多模态增强特征图进行融合后，生成多模态融合特征图，根据所述多模态融合特征图生成 PET 重建图像。

本申请实施例采取的技术方案还包括：所述通过光流配准网络获取所述 PET 图像和 MR 图像的光流信息之前，还包括：

使用 Canny 算子分别对所述 PET 图像和 MR 图像进行轮廓信息提取。

本申请实施例采取的技术方案还包括：所述使用 Canny 算子分别对 PET 图像和 MR 图像进行轮廓信息提取具体为：

采用形态学图像处理技术对所述 PET 图像和 MR 图像进行图像腐蚀和膨胀处理，消除所述 PET 图像和 MR 图像中的小物体和细线，保留放射部位的基本轮廓形状，最后生成一个由 0 和 1 组成的二进制掩膜，分别用于表示 PET 图像和 MR 图像的轮廓信息。

本申请实施例采取的技术方案还包括：所述光流配准网络是一个基于

U-net 的模型，包括编码器和解码器两部分，所述通过光流配准网络获取所述 PET 图像和 MR 图像的光流信息，根据所述光流信息校正 MR 图像的位置后，分别提取所述 PET 图像和校正后 MR 图像的第一特征图和第二特征图具体为：

将所述 PET 图像和 MR 图像的轮廓信息输入光流配准网络，所述光流配准网络的编码器部分使用三个 1×1 的卷积层提取特征图，并使用 3×3 卷积层对提取的特征图进行下采样；所述光流配准网络的解码器部分使用上采样和 1×1 卷积层对提取的特征图进行扩张和压缩，以恢复光流图的大小，并生成通道数为 64 的权重掩码，通过应用 Sigmoid 激活函数生成权重掩码，并输出 PET 图像和校正后 MR 图像的第一特征图 F_{pet} 和第二特征图 F_{mr} 。

本申请实施例采取的技术方案还包括：所述通过空间通道特征增强模块对所述第一特征图和第二特征图分别进行空间维度和通道维度的特征增强处理，并将空间维度和通道维度的特征增强处理结果进行融合，生成所述 PET 图像的第一多模态增强特征图和校正后 MR 图像的第二多模态增强特征图具体为：

所述空间通道特征增强模块包括空间增强模块和通道增强模块，所述在空间增强模块通过两个卷积层和对所述第一特征图 F_{pet} 和第二特征图 F_{mr} 进行压缩，得到两个矩阵 S1 和 S2，将矩阵 S1 和 S2 在空间维度上进行连接，得到一个单一维度且包含 PET 和 MR 图像流的注意力信息的矩阵 S，并通过对第一特征图 F_{pet} 和第二特征图 F_{mr} 进行 Sigmoid 函数激活并进行逐元素操作，分别得到 PET 图像和校正后 MR 图像在空间维度的第一空间增强特征图 F_{s-pet} 和第二空间增强特征图 F_{s-mr} ；

所述通道增强模块使用全局平均池化将第一特征图 F_{pet} 和第二特征图 F_{mr} 进行压缩，并创建通道描述符，通过通道描述符计算 PET 图像和 MR 图像的编码

向量C1和C2，将所述编码向量C1和C2进行连接，并通过全连接层创建融合的嵌入向量，然后对所述嵌入向量进行Sigmoid函数激活并进行逐元素操作，分别得到所述PET图像和校正后MR图像的第一通道增强特征图 F_{c-pet} 和第二通道增强特征图 F_{c-mr} ；

分别对所述PET图像的第一空间增强特征图和第一通道增强特征图以及校正后MR图像的第二空间增强特征图和第二通道增强特征图进行融合，生成所述PET图像的第一多模态增强特征图 F_{sc-pet} 和校正后MR图像的第二多模态增强特征图 F_{sc-mr} 。

本申请实施例采取的技术方案还包括：所述通过跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制对所述第一多模态增强特征图和第二多模态增强特征图进行融合后，生成多模态融合特征图具体为：

所述跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制和Transformer架构，将所述第一多模态增强特征图 F_{sc-pet} 和第二多模态增强特征图 F_{sc-mr} 进行线性投影操作，分别生成PET图像和MR图像的查询矩阵Q、键矩阵K和值矩阵V，并在两种模态的向量化特征之间进行注意力操作：

$$Att_{mr}(Q_{mr}, K_{pet}, V_{pet}) = \sigma \left(\frac{Q_{pet}^T \cdot K_{pet}}{\sqrt{d_k}} \right) \cdot V_{mr}$$

$$Att_{pet}(Q_{pet}, K_{mr}, V_{mr}) = \sigma \left(\frac{Q_{mr}^T \cdot K_{mr}}{\sqrt{d_k}} \right) \cdot V_{pet}$$

上述公式中， σ 表示sigmoid函数， $\sqrt{d_k}$ 表示特征维度的平方根， Q_{pet}^T ， K_{pet} ， V_{pet} 分别表示PET图像的查询矩阵Q、键矩阵K和值矩阵V， Q_{mr}^T ， K_{mr} ， V_{mr} 分别表示MR图像的查询矩阵Q、键矩阵K和值矩阵V；

将两种模态的注意力操作结果通过平均池化操作进行压缩后,在通道维度上将两种模态的注意力图进行拼接,生成多模态融合特征图。

本申请实施例采取的技术方案还包括:所述根据所述多模态融合特征图生成PET重建图像具体为:

通过跳跃连接将所述多模态融合特征图输入解码器,通过所述解码器输出PET重建图像。

本申请实施例采取的另一技术方案为:一种基于光流配准的PET成像装置,包括:

图像采集模块:用于分别采集放射部位的PET图像和MR图像;

光流配准模块:用于通过光流配准网络获取所述PET图像和MR图像的光流信息,根据所述光流信息校正MR图像的位置后,分别提取所述PET图像和校正后MR图像的第一特征图和第二特征图;

特征增强模块:用于通过空间通道特征增强模块对所述第一特征图和第二特征图分别进行空间维度和通道维度的特征增强处理,并将空间维度和通道维度的特征增强处理结果进行融合,生成所述PET图像的第一多模态增强特征图和校正后MR图像的第二多模态增强特征图;

特征融合模块:用于通过跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制对所述第一多模态增强特征图和第二多模态增强特征图进行融合后,生成多模态融合特征图,根据所述多模态融合特征图生成PET重建图像。

本申请实施例采取的又一技术方案为:一种设备,所述设备包括处理器、与所述处理器耦接的存储器,其中,

所述存储器存储有用于实现所述基于光流配准的PET成像方法的程序指令;

所述处理器用于执行所述存储器存储的所述程序指令以控制基于光流配准的PET成像方法。

本申请实施例采取的又一技术方案为：一种存储介质，存储有处理器可运行的程序指令，所述程序指令用于执行所述基于光流配准的PET成像方法。

相对于现有技术，本申请实施例产生的有益效果在于：本申请实施例的基于光流配准的PET成像方法、装置、设备以及存储介质。

附图说明

图1是本申请实施例的基于光流配准的PET成像方法的流程图；

图2为本申请实施例的基于光流配准的PET成像装置结构示意图；

图3为本申请实施例的设备结构示意图；

图4为本申请实施例的存储介质的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅是本申请的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

本申请中的术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”、“第三”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。本申请的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确具体的限定。本申请实施例中所有方向性指示（诸如上、下、左、右、前、后……）仅用于解释在某一特定姿态（如附图所示）下各部件之间的相对位置关系、运动情况等，如果该特定姿态发生改变时，则该方向性指示也相应地随之改变。此外，术语“包括”和“具有”以及它们任何变形，意图在于覆盖不

排他的包含。例如包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备没有限定于已列出的步骤或单元，而是可选地还包括没有列出的步骤或单元，或可选地还包括对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

在本文中提及“实施例”意味着，结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例，也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是，本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

请参阅图 1，是本申请实施例的基于光流配准的 PET 成像方法的流程图。本申请实施例的基于光流配准的 PET 成像方法包括以下步骤：

S100：分别采集放射部位的 PET 图像和 MR 图像；

S110：使用 Canny 算子分别对 PET 图像和 MR 图像进行轮廓信息提取；

本步骤中，轮廓信息提取的下限和上限阈值分别设置为 20 和 50，轮廓信息提取过程具体为：首先，采用形态学图像处理技术对 PET 图像和 MR 图像进行图像腐蚀和膨胀处理，消除 PET 图像和 MR 图像中的小物体和细线等，同时保留放射部位的基本轮廓形状。在处理过程中，使用一个大小为 5×5 的圆形核确保各向同性的腐蚀和膨胀过程，以保持轮廓形状的完整性并防止不必要的扭曲，最后生成一个由 0 和 1 组成的二进制掩膜，分别用于表示 PET 图像和 MR 图像的轮廓信息 I_{pet} 和 I_{mr} 。

S120：将 PET 图像和 MR 图像的轮廓信息输入光流配准网络，光流配准网络根据 PET 图像和 MR 图像的轮廓信息计算光流信息，根据光流信息校正 MR 图像的位置后，分别提取 PET 图像和校正后 MR 图像的第一特征图和第二特征图；

本步骤中，光流配准网络是一个基于 U-net 的模型，其以 PET 图像作为参考，利用反向图像变换校正 MR 图像的位置，达到 PET/MR 双模态配准对齐的效果。具体的，光流配准网络包括编码器和解码器两部分，编码器部分使用三个

特征扩张 1	上采样	特征金字塔 3	特征金字塔 2	—	—
特征扩张 1	卷积 (1x1)	特征金字塔 2	特征金字塔 1	1 × 1	32
特征扩张 1	上采样	特征金字塔 1	输出特征图	—	—
特征压缩 1	卷积 (1x1)	输出特征图	压缩特征图 1	1 × 1	32
特征压缩 2	卷积 (1x1)	压缩特征图 1	压缩特征图 2	1 × 1	16
特征压缩 3	卷积 (1x1)	压缩特征图 2	压缩特征图 3	1 × 1	32
特征压缩 4	卷积 (1x 1)	压缩特征图 3	压缩特征图 4	1 × 1	64

特征压缩5	卷积 (1x1)	压缩特征图4	压缩特征图5	1 × 1	64
特征压缩6	卷积 (1x1)	压缩特征图5	压缩特征图6	1 × 1	32
权重掩码	Sigmoid 激活函数	压缩特征图6	权重掩码	1 × 1	32

编码器参数如下表 2 所示：

表 2 编码器参数设置

阶段	卷积核大小	步长	填充	特征图通道数	特征图尺寸
1	3 × 3	2	1	32	256 × 256
2	3 × 3	2	1	64	128 × 128
3	3 × 3	2	1	128	64 × 64
4	3 × 3	2	1	256	32 × 32

S130：将第一特征图和第二特征图输入空间通道特征增强模块，通过空间通道特征增强模块对第一特征图和第二特征图分别进行空间维度和通道维度的特征增强处理，分别得到 PET 图像在空间维度的第一空间增强特征图和在通道维度的第一通道增强特征图以及校正后 MR 图像在空间维度的第二空间增强特征图和在通道维度的第二通道增强特征图；

本步骤中，空间通道特征增强模块（SC-FEM）包括空间增强模块和通道增强模块，空间增强模块可以提高网络对高密度噪声等重要区域的关注度。在

空间增强模块中，通过两个卷积层 K1 和 K2 对输入的第一特征图 F_{pet} 和第二特征图 F_{mr} 进行压缩，得到两个矩阵 S1 和 S2，将矩阵 S1 和 S2 在空间维度上进行连接，得到一个单一维度且包含 PET 和 MR 图像流的注意力信息的矩阵 S，通过对输入特征图进行 Sigmoid 函数激活并进行逐元素操作，最终分别得到 PET 图像和校正后 MR 图像在空间维度的第一空间增强特征图 F_{s-pet} 和第二空间增强特征图 F_{s-mr} 。空间增强模块参数设置如下表 3 所示：

表 3 空间增强模块参数设置

操作	卷积核大小	步长	填充	特征图通道数	特征图尺寸
压缩 K1	3×3	1	1	32	256×256
压缩 K2	3×3	1	1	32	256×256

而在通道增强模块中，使用全局平均池化将每个 $H \times W$ 的输入特征图压缩为一个 1×1 的值，并创建通道描述符，通过通道描述符计算 PET 图像和 MR 图像的编码向量 C1 和 C2，然后将编码向量 C1 和 C2 进行连接，并通过全连接层创建融合的嵌入向量，最后，通过对嵌入向量进行 Sigmoid 函数激活并进行逐元素操作，分别得到 PET 图像和校正后 MR 图像的第一通道增强特征图 F_{c-pet} 和第二通道增强特征图 F_{c-mr} 。具体的，通道增强模块参数设置如下表 4 所示：

表 4 通道增强模块参数设置

操作	卷积核大小	步长	填充	特征图通道数	特征图尺寸
全局平均池化	—	—	—	32	1×1
全连接层	—	—	—	32	1×1
融合向量	—	—	—	32	1×1

S140：分别对 PET 图像的第一空间增强特征图和第一通道增强特征图以及校正后 MR 图像的第二空间增强特征图和第二通道增强特征图进行融合，分别

生成 PET 图像的第一多模态增强特征图和校正后 MR 图像的第二多模态增强特征图；

本步骤中，通过对 PET 图像的第一空间增强特征图和第一通道增强特征图以及校正后 MR 图像的第二空间增强特征图和第二通道增强特征图进行融合，生成结合了 PET 和 MR 两种模态信息的第一多模态增强特征图 F_{sc-pet} 和第二多模态增强特征图 F_{sc-mr} ，从而综合考虑了两种模态信息，使特征增强过程更加有效。具体的，第一多模态增强特征图 F_{sc-pet} 和第二多模态增强特征图 F_{sc-mr} 可以通过以下公式定义：

$$F_{sc-pet} = F_{pet} + F_{s-pet} + F_{c-pet} \quad (1)$$

$$F_{sc-mr} = F_{mr} + F_{s-mr} + F_{c-mr} \quad (2)$$

S150: 将第一多模态增强特征图和第二多模态增强特征图输入跨模态特征融合模块，跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制对第一多模态增强特征图和第二多模态增强特征图进行融合后，生成多模态融合特征图；

本步骤中，跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制（CM-FFM）和 Transformer 架构，通过计算 PET 和 MR 图像之间的点积来获取查询矩阵 Q （queries）、键矩阵 K （keys）和值矩阵 V （values），从而估计多模态增强特征图之间的关联性，通过缩放和归一化处理，基于 softmax 函数计算得到跨注意力权重。具体而言，将输入的第一多模态增强特征图 F_{sc-pet} 和第二多模态增强特征图 F_{sc-mr} 首先进行线性投影操作，生成 PET 图像和 MR 图像的查询矩阵 Q 、键矩阵 K 和值矩阵 V ，然后，在两种模态的向量化特征之间进行注意力操作，计算公式如下：

$$Att_{mr}(Q_{mr}, K_{pet}, V_{pet}) = \sigma \left(\frac{Q_{pet}^T \cdot K_{pet}}{\sqrt{d_k}} \right) \cdot V_{mr} \quad (3)$$

$$Att_{pet}(Q_{pet}, K_{mr}, V_{mr}) = \sigma\left(\frac{Q_{mr}^T \cdot K_{mr}}{\sqrt{d_k}}\right) \cdot V_{pet} \quad (4)$$

上述公式中， σ 表示 sigmoid 函数，用于将输入映射到 0 到 1 的范围内，确保注意力权重在合理的范围内，以表示两个模态之间的关联性，防止权重过于偏离正常范围。 $\sqrt{d_k}$ 表示特征维度的平方根，用于缩放注意力权重，确保在计算点积时，注意力分数不会过大，从而维持模型的稳定性。 $Q_{pet}^T, K_{pet}, V_{pet}$ 分别表示 PET 图像的查询矩阵 Q、键矩阵 K 和值矩阵 V， $Q_{pet}^T, K_{pet}, V_{pet}$ 均由第一多模态增强特征图 F_{sc-pet} 投影得到，表示由 PET 图像提取得到的信息。 Q_{mr}^T, K_{mr}, V_{mr} 分别表示 MR 图像的查询矩阵 Q、键矩阵 K 和值矩阵 V， Q_{mr}^T, K_{mr}, V_{mr} 均由第二多模态增强特征图 F_{sc-mr} 投影得到，表示由 MR 图像提取得到的信息。

将两种模态的注意力操作结果通过平均池化操作进行压缩后，在通道维度上将两种模态的注意力图进行拼接，生成多模态融合特征图，从而为 PET 图像去噪提供了丰富的有利图像细节。具体的，多头交叉注意力机制参数设置如下表 5 所示：

表 5 多头交叉注意力机制参数设置

操作	卷积核大小	步长	填充	特征图通道数	特征图尺寸
线性投影	1×1	1	0	32	256×256
注意力计算	—	—	—	32	256×256
平均池化	—	—	—	32	256×256

S160: 通过跳跃连接将多模态融合特征图输入解码器，通过解码器输出去噪后的 PET 重建图像；

本步骤中，在解码器部分，考虑到转置卷积在上采样过程中常常会产生棋盘状伪影，并涉及大量可训练参数，本申请实施例选择双线性上采样方法，缩

放因子为 2，并在每个阶段使用卷积层，有助于将多层级特征图恢复到原始图像分辨率，并生成相对平滑的特征图。为了增强模型的泛化能力和改善激活函数的表达能力，本申请实施例在图像的下采样和上采样过程中，在每个卷积层中分别引入批归一化，并在编码和解码端引入跳跃连接，以保留来自两种模态的最有利的图像细节。可以理解，在本申请其他实施例中，还可以利用 CT 图像作为 MR 图像的替代对 PET 图像进行去噪。具体的，解码器参数设置如下表 6 所示：

表 6 解码器参数设置

阶段	上采样因子	卷积核大小	填充	特征图通道数	特征图尺寸
1	2	3×3	1	512	32×32
2	2	3×3	1	256	64×64
3	2	3×3	1	128	128×128
4	2	3×3	1	64	256×256
5	1	3×3	1	1	256×256

基于上述，本申请实施例的基于光流配准的 PET 成像方法利用 PET 图像和 MR 图像的轮廓信息，通过光流校正网络对 PET 图像和 MR 图像进行对齐，可以使得多模态数据更好地对齐，有效减少由于配准问题导致的图像失真和伪影，提高图像的清晰度和准确性；通过引入空间通道特征增强模块，该模块使用矩阵和向量来表示空间注意力和通道注意力，不仅基于当前模态的信息，还结合其他模态的影响进行计算，以确保在每个下采样阶段特征提取的有效性，可以更好地捕捉到图像中的重要特征，提高特征提取的准确性和鲁棒性。通过采用多头交叉注意力机制捕捉跨模态之间特征信息的多样性，能够更充分地利用多模态数据之间的相关性和互补性，可以有效地融合 PET 和 MR 的特征，得到更

加清晰的 PET 重建图像。

请参阅图 2, 为本申请实施例的基于光流配准的 PET 成像装置结构示意图。

本申请实施例的基于光流配准的 PET 成像装置 40 包括:

图像采集模块 41: 用于分别采集放射部位的 PET 图像和 MR 图像;

光流配准模块 42: 用于通过光流配准网络获取所述 PET 图像和 MR 图像的光流信息, 根据所述光流信息校正 MR 图像的位置后, 分别提取所述 PET 图像和校正后 MR 图像的第一特征图和第二特征图;

特征增强模块 43: 用于通过空间通道特征增强模块对所述第一特征图和第二特征图分别进行空间维度和通道维度的特征增强处理, 并将空间维度和通道维度的特征增强处理结果进行融合, 生成所述 PET 图像的第一多模态增强特征图和校正后 MR 图像的第二多模态增强特征图;

特征融合模块 44: 用于通过跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制对所述第一多模态增强特征图和第二多模态增强特征图进行融合后, 生成多模态融合特征图, 根据所述多模态融合特征图生成 PET 重建图像。

请参阅图 3, 为本申请实施例的设备结构示意图。该设备 50 包括:

存储有可执行程序指令的存储器 51;

与存储器 51 连接的处理器 52;

处理器 52 用于调用存储器 51 中存储的可执行程序指令并执行以下步骤:
分别采集放射部位的 PET 图像和 MR 图像; 通过光流配准网络获取所述 PET 图像和 MR 图像的光流信息, 根据所述光流信息校正 MR 图像的位置后, 分别提取所述 PET 图像和校正后 MR 图像的第一特征图和第二特征图; 通过空间通道特征增强模块对所述第一特征图和第二特征图分别进行空间维度和通道维度的特征增强处理, 并将空间维度和通道维度的特征增强处理结果进行融合, 生成

所述 PET 图像的第一多模态增强特征图和校正后 MR 图像的第二多模态增强特征图；通过跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制对所述第一多模态增强特征图和第二多模态增强特征图进行融合后，生成多模态融合特征图，根据所述多模态融合特征图生成 PET 重建图像。

其中，处理器 52 还可以称为 CPU (Central Processing Unit, 中央处理单元)。处理器 52 可能是一种集成电路芯片，具有信号的处理能力。处理器 52 还可以是通用处理器、数字信号处理器 (DSP)、专用集成电路 (ASIC)、现成可编程门阵列 (FPGA) 或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

请参阅图 4，图 4 为本申请实施例的存储介质的结构示意图。本申请实施例的存储介质存储有能够实现以下步骤的程序指令 61：分别采集放射部位的 PET 图像和 MR 图像；通过光流配准网络获取所述 PET 图像和 MR 图像的光流信息，根据所述光流信息校正 MR 图像的位置后，分别提取所述 PET 图像和校正后 MR 图像的第一特征图和第二特征图；通过空间通道特征增强模块对所述第一特征图和第二特征图分别进行空间维度和通道维度的特征增强处理，并将空间维度和通道维度的特征增强处理结果进行融合，生成所述 PET 图像的第一多模态增强特征图和校正后 MR 图像的第二多模态增强特征图；通过跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制对所述第一多模态增强特征图和第二多模态增强特征图进行融合后，生成多模态融合特征图，根据所述多模态融合特征图生成 PET 重建图像。其中，该程序指令 61 可以以软件产品的形式存储在上述存储介质中，包括若干指令用以使得一台设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备）或处理器 (processor) 执行本申请各个实施方式方法的全

部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序指令的介质，或者是计算机、服务器、手机、平板等终端设备。其中，服务器可以是独立的服务器，也可以是提供云服务、云数据库、云计算、云函数、云存储、网络服务、云通信、中间件服务、域名服务、安全服务、内容分发网络(Content Delivery Network, CDN)、以及大数据和人工智能平台等基础云计算服务的云服务器。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统，装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的系统实施例仅仅是示意性的，例如，单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元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。以上仅为本申请的实施方式，并非因此限制本申请的专利范围，凡是利用本申请说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本申请的专利保护范围内。

权利要求

1、一种基于光流配准的 PET 成像方法，其特征在于，包括：

分别采集放射部位的 PET 图像和 MR 图像；

通过光流配准网络获取所述 PET 图像和 MR 图像的光流信息，根据所述光流信息校正 MR 图像的位置后，分别提取所述 PET 图像和校正后 MR 图像的第一特征图和第二特征图；

通过空间通道特征增强模块对所述第一特征图和第二特征图分别进行空间维度和通道维度的特征增强处理，并将空间维度和通道维度的特征增强处理结果进行融合，生成所述 PET 图像的第一多模态增强特征图和校正后 MR 图像的第二多模态增强特征图；

通过跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制对所述第一多模态增强特征图和第二多模态增强特征图进行融合后，生成多模态融合特征图，根据所述多模态融合特征图生成 PET 重建图像。

2、根据权利要求 1 所述的基于光流配准的 PET 成像方法，其特征在于，所述通过光流配准网络获取所述 PET 图像和 MR 图像的光流信息之前，还包括：

使用 Canny 算子分别对所述 PET 图像和 MR 图像进行轮廓信息提取。

3、根据权利要求 2 所述的基于光流配准的 PET 成像方法，其特征在于，所述使用 Canny 算子分别对 PET 图像和 MR 图像进行轮廓信息提取具体为：

采用形态学图像处理技术对所述 PET 图像和 MR 图像进行图像腐蚀和膨胀处理，消除所述 PET 图像和 MR 图像中的小物体和细线，保留放射部位的基本轮廓形状，最后生成一个由 0 和 1 组成的二进制掩膜，分别用于表示 PET 图像和 MR 图像的轮廓信息。

4、根据权利要求1至3任一项所述的基于光流配准的PET成像方法，其特征在于，所述光流配准网络是一个基于U-net的模型，包括编码器和解码器两部分，所述通过光流配准网络获取所述PET图像和MR图像的光流信息，根据所述光流信息校正MR图像的位置后，分别提取所述PET图像和校正后MR图像的第一特征图和第二特征图具体为：

将所述PET图像和MR图像的轮廓信息输入光流配准网络，所述光流配准网络的编码器部分使用三个1x1的卷积层提取特征图，并使用3x3卷积层对提取的特征图进行下采样；所述光流配准网络的解码器部分使用上采样和1x1卷积层对提取的特征图进行扩张和压缩，以恢复光流图的大小，并生成通道数为64的权重掩码，通过应用Sigmoid激活函数生成权重掩码，并输出PET图像和校正后MR图像的第一特征图 F_{pet} 和第二特征图 F_{mr} 。

5、根据权利要求4所述的基于光流配准的PET成像方法，其特征在于，所述通过空间通道特征增强模块对所述第一特征图和第二特征图分别进行空间维度和通道维度的特征增强处理，并将空间维度和通道维度的特征增强处理结果进行融合，生成所述PET图像的第一多模态增强特征图和校正后MR图像的第二多模态增强特征图具体为：

所述空间通道特征增强模块包括空间增强模块和通道增强模块，所述在空间增强模块通过两个卷积层和对所述第一特征图 F_{pet} 和第二特征图 F_{mr} 进行压缩，得到两个矩阵S1和S2，将矩阵S1和S2在空间维度上进行连接，得到一个单一维度且包含PET和MR图像流的注意力信息的矩阵S，并通过对第一特征图 F_{pet} 和第二特征图 F_{mr} 进行Sigmoid函数激活并进行逐元素操作，分别得到PET图像和校正后MR图像在空间维度的第一空间增强特征图 F_{s-pet} 和第二空间增强特征图 F_{s-mr} ；

所述通道增强模块使用全局平均池化将第一特征图 F_{pet} 和第二特征图 F_{mr} 进行压缩，并创建通道描述符，通过通道描述符计算PET图像和MR图像的编码向量C1和C2，将所述编码向量C1和C2进行连接，并通过全连接层创建融合的嵌入向量，然后对所述嵌入向量进行Sigmoid函数激活并进行逐元素操作，分别得到所述PET图像和校正后MR图像的第一通道增强特征图 F_{c-pet} 和第二通道增强特征图 F_{c-mr} ；

分别对所述PET图像的第一空间增强特征图和第一通道增强特征图以及校正后MR图像的第二空间增强特征图和第二通道增强特征图进行融合，生成所述PET图像的第一多模态增强特征图 F_{sc-pet} 和校正后MR图像的第二多模态增强特征图 F_{sc-mr} 。

6、根据权利要求5所述的基于光流配准的PET成像方法，其特征在于，所述通过跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制对所述第一多模态增强特征图和第二多模态增强特征图进行融合后，生成多模态融合特征图具体为：

所述跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制和 Transformer 架构，将所述第一多模态增强特征图 F_{sc-pet} 和第二多模态增强特征图 F_{sc-mr} 进行线性投影操作，分别生成PET图像和MR图像的查询矩阵Q、键矩阵K和值矩阵V，并在两种模态的向量化特征之间进行注意力操作：

$$Att_{mr}(Q_{mr}, K_{pet}, V_{pet}) = \sigma \left(\frac{Q_{pet}^T \cdot K_{pet}}{\sqrt{d_k}} \right) \cdot V_{mr}$$

$$Att_{pet}(Q_{pet}, K_{mr}, V_{mr}) = \sigma \left(\frac{Q_{mr}^T \cdot K_{mr}}{\sqrt{d_k}} \right) \cdot V_{pet}$$

上述公式中, σ 表示 sigmoid 函数, $\sqrt{d_k}$ 表示特征维度的平方根, $Q_{pet}^T, K_{pet}, V_{pet}$ 分别表示PET图像的查询矩阵Q、键矩阵K和值矩阵V, Q_{mr}^T, K_{mr}, V_{mr} 分别表示MR图像的查询矩阵Q、键矩阵K和值矩阵V;

将两种模态的注意力操作结果通过平均池化操作进行压缩后, 在通道维度上将两种模态的注意力图进行拼接, 生成多模态融合特征图。

7、根据权利要求6所述的基于光流配准的PET成像方法, 其特征在于, 所述根据所述多模态融合特征图生成PET重建图像具体为:

通过跳跃连接将所述多模态融合特征图输入解码器, 通过所述解码器输出PET重建图像。

8、一种基于光流配准的PET成像装置, 其特征在于, 包括:

图像采集模块: 用于分别采集放射部位的 PET 图像和 MR 图像;

光流配准模块: 用于通过光流配准网络获取所述 PET 图像和 MR 图像的光流信息, 根据所述光流信息校正 MR 图像的位置后, 分别提取所述 PET 图像和校正后 MR 图像的第一特征图和第二特征图;

特征增强模块: 用于通过空间通道特征增强模块对所述第一特征图和第二特征图分别进行空间维度和通道维度的特征增强处理, 并将空间维度和通道维度的特征增强处理结果进行融合, 生成所述 PET 图像的第一多模态增强特征图和校正后 MR 图像的第二多模态增强特征图;

特征融合模块: 用于通过跨模态特征融合模块采用多头交叉注意力机制对所述第一多模态增强特征图和第二多模态增强特征图进行融合后, 生成多模态融合特征图, 根据所述多模态融合特征图生成PET重建图像。

9、一种设备, 其特征在于, 所述设备包括处理器、与 said 处理器耦接的存储器, 其中,

所述存储器存储有用于实现权利要求1-7任一项所述的基于光流配准的PET成像方法的程序指令；

所述处理器用于执行所述存储器存储的所述程序指令以控制基于光流配准的PET成像方法。

10、一种存储介质，其特征在于，存储有处理器可运行的程序指令，所述程序指令用于执行权利要求1至7任一项所述基于光流配准的PET成像方法。

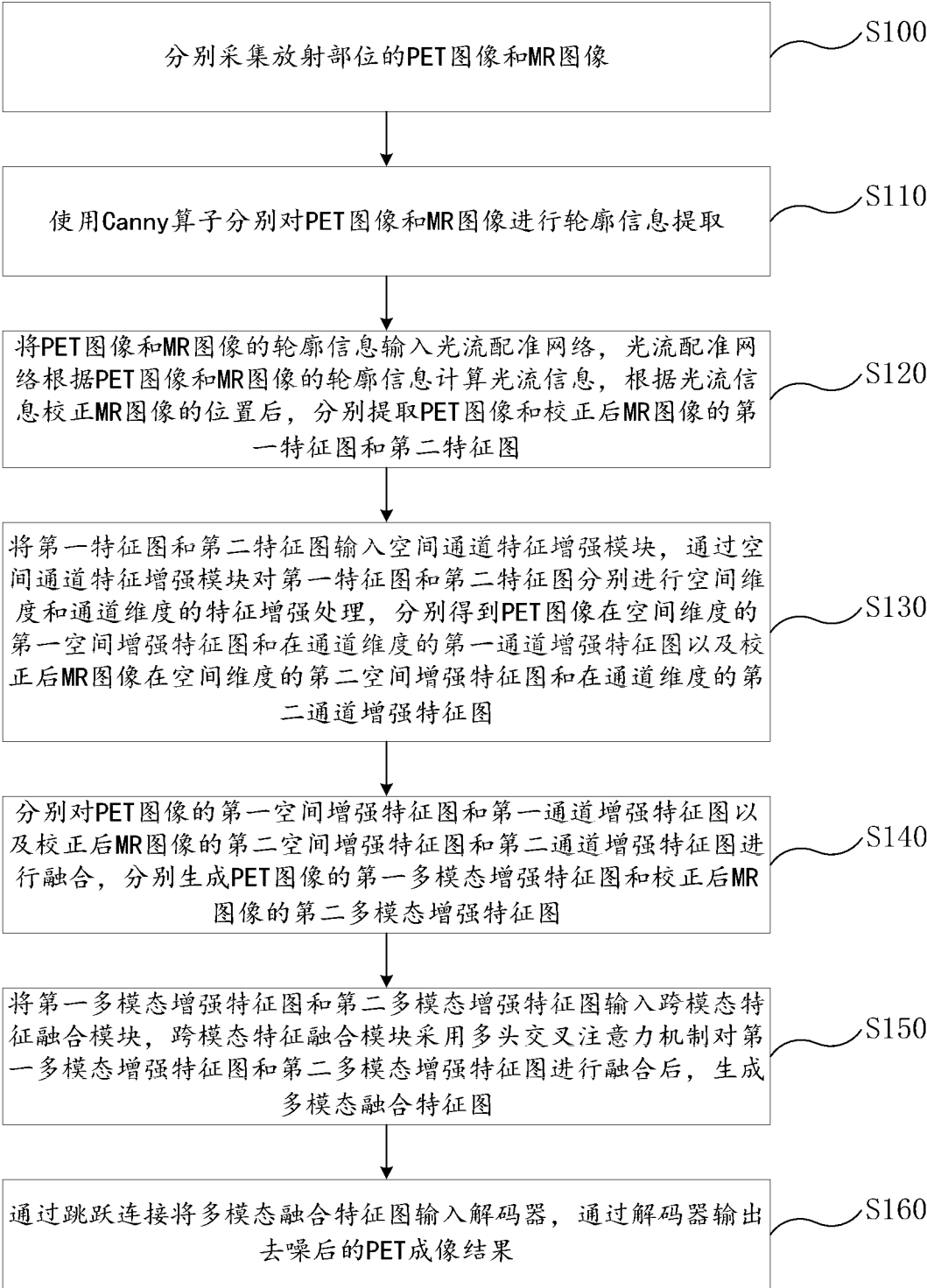


图 1

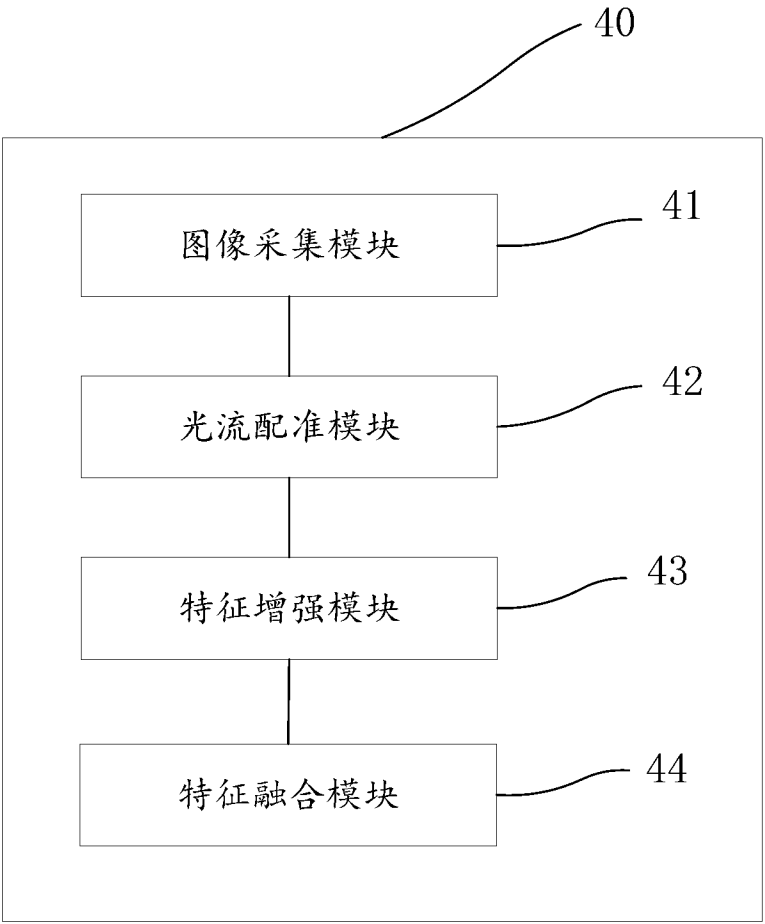


图 2

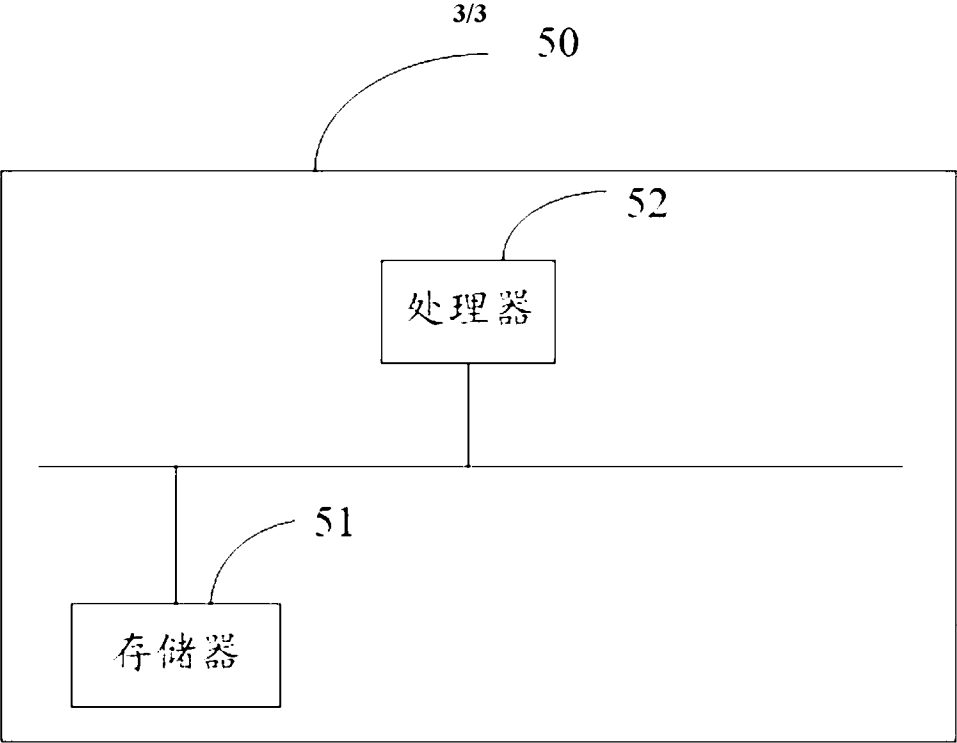


图 3

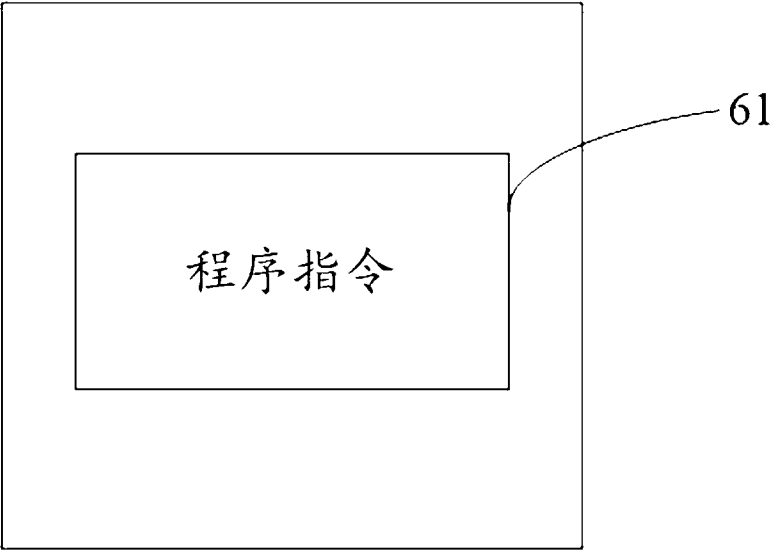


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/113053

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06T5/00(2024.01)i; G06T11/00(2006.01)i; G06T19/00(2011.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC: G06T Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNTXT, ENTXT, ENTXTC, CNKI, IEEE: 对齐, 多模态融合, 光流, 空间, 配准, 融合, 特征图, 通道, 校正, 增强, 重建, 注意力, CT, DR, MR, PET, cross 1w modal, optical flow, fus+, reconstruct+, registering		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 103854270 A (THE FIRST AFFILIATED HOSPITAL OF GUANGZHOU MEDICAL UNIVERSITY) 11 June 2014 (2014-06-11) description, paragraphs 39-57	1-10
Y	CN 107644421 A (SHANGHAI UNITED IMAGING HEALTHCARE CO., LTD.) 30 January 2018 (2018-01-30) description, paragraph 68	1-10
Y	CN 115100306 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 23 September 2022 (2022-09-23) description, paragraph [0078]	1-10
A	CN 114119546 A (INFERVISION MEDICAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 01 March 2022 (2022-03-01) entire document	1-10
A	CN 101744618 A (BEIJING ECYBER MEDICINE EQUIPMENT CO., LTD.) 23 June 2010 (2010-06-23) entire document	1-10
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 11 April 2024		Date of mailing of the international search report 25 April 2024
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/113053

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2021150782 A1 (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY) 20 May 2021 (2021-05-20) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/113053

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	103854270	A	11 June 2014	None			
CN	107644421	A	30 January 2018	US	2018025512	A1	25 January 2018
				US	2019188884	A1	20 June 2019
				WO	2018014475	A1	25 January 2018
CN	115100306	A	23 September 2022	None			
CN	114119546	A	01 March 2022	None			
CN	101744618	A	23 June 2010	None			
US	2021150782	A1	20 May 2021	None			

A. 主题的分类

G06T5/00(2024.01)i; G06T11/00(2006.01)i; G06T19/00(2011.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: G06T

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNTEXT,ENTEXT,ENTXTC,CNKI,IEEE:对齐,多模态融合,光流,空间,配准,融合,特征图,通道,校正,增强,重建,注意力, CT, DR, MR, PET, cross 1w modal, optical flow, fus+, reconstruct+, registering

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 103854270 A (广州医学院第一附属医院) 2014年6月11日 (2014 - 06 - 11) 说明书第39-57段	1-10
Y	CN 107644421 A (上海联影医疗科技有限公司) 2018年1月30日 (2018 - 01 - 30) 说明书第68段	1-10
Y	CN 115100306 A (浙江大学) 2022年9月23日 (2022 - 09 - 23) 说明书第78段	1-10
A	CN 114119546 A (推想医疗科技股份有限公司) 2022年3月1日 (2022 - 03 - 01) 全文	1-10
A	CN 101744618 A (北京亿仁赛博医疗设备有限公司) 2010年6月23日 (2010 - 06 - 23) 全文	1-10
A	US 2021150782 A1 (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY) 2021年5月20日 (2021 - 05 - 20) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年4月11日

国际检索报告邮寄日期

2024年4月25日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

张露文

电话号码 (+86) 010-53961724

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/113053

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	103854270	A	2014年6月11日	无	
CN	107644421	A	2018年1月30日	US	2018025512 A1 2018年1月25日
				US	2019188884 A1 2019年6月20日
				WO	2018014475 A1 2018年1月25日
CN	115100306	A	2022年9月23日	无	
CN	114119546	A	2022年3月1日	无	
CN	101744618	A	2010年6月23日	无	
US	2021150782	A1	2021年5月20日	无	