



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103221841 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201180056345. 3

(22) 申请日 2011. 11. 15

(30) 优先权数据

61/416, 323 2010. 11. 23 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 05. 22

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2011/055097 2011. 11. 15

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/069960 EN 2012. 05. 31

(73) 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 T·L·劳伦斯 J·A·科尔特姆尔

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 王英 刘炳胜

(51) Int. Cl.

G01T 1/29(2006. 01)

G01T 7/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006102845 A1, 2006. 05. 18,

CN 101111781 A, 2008. 01. 23,

CN 101365962 A, 2009. 02. 11,

JP 特开平 11-153669 A, 1999. 06. 08,

US 7626171 B2, 2009. 12. 01,

US 7718954 B2, 2010. 05. 18,

McElroy D P 等. Singles list mode data processing for MADPET-II. 《2004 IEEE NUCLEAR SCIENCE SYMPOSIUM CONFERENCE RECORD 16-22 OCT. 2004 ROME, ITALY》. 2004, 第 5 卷 3325 - 3329.

审查员 黄彬

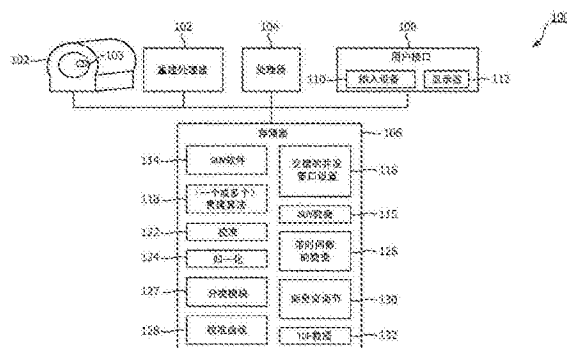
权利要求书3页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

具有变化的并发窗的 PET 校准

(57) 摘要

在校准正电子发射断层摄影(PET)扫描器时, 在几个半衰期期间, 对放射性校准体模进行扫描, 以采集多个扫描数据帧。在单一的校准扫描期间, 采用交错的时间窗, 以便针对多个并发时间窗和能量窗采集并发数据。根据多个选定的并发窗中的每个窗对并发事件进行分装, 针对多个并发时间窗中的每个窗, 使用从单一校准扫描中采集的数据对 PET 扫描器进行校准。



1. 一种正电子发射断层摄影 (PET) 扫描器校准系统 (100), 包括 :
PET 扫描器 (102), 其用于对放射性校准体模进行扫描预定时间段 ;
处理器 (104), 其被配置为执行存储器 (106) 中存储的计算机可执行指令, 所述指令包括 :

接收针对多个选定的并发时间窗和 / 或能量窗的设置 ;

在所述预定时间段的多个帧的每个期间, 使用所述 PET 扫描器 (102) 对所述放射性校准体模进行扫描所述预定时间段, 并针对由时间窗和 / 或能量窗的设置定义的所述多个并发时间窗和 / 或能量窗中的每个采集并发数据 ; 以及

针对每个选定的并发时间窗和 / 或能量窗, 从所述预定时间段中的每个帧中探测到的光子计数数目计算标准摄取值。

2. 根据权利要求 1 所述的系统, 所述指令还包括由所述标准摄取值针对每个所述时间窗生成校准曲线, 并且利用所述校准曲线校准光探测器。

3. 根据权利要求 2 所述的系统, 所述指令还包括 :

计算归一化校正值, 所述归一化校正值校正所述 PET 扫描器中所述光探测器的灵敏度差异。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的系统, 其中, 所述放射性校准体模是氟脱氧葡萄糖 -18 (F-18) 校准体模。

5. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的系统, 其中, 所述多个并发时间窗和 / 或能量窗的设置是交错的, 并且其中, 所述指令还包括 :

针对交错的并发时间窗和 / 或能量窗的设置定义的多个交错的并发时间窗采集并发数据。

6. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的系统, 所述指令还包括 :

针对所述多个并发时间窗和 / 或能量窗存储归一化校正值 (224) 和 SUV 校正值 (228) ;
执行受试者的 PET 扫描 ;

利用所述归一化校正值和所述 SUV 校正值校正所采集的所述受试者的扫描数据 ;

利用所校正的扫描数据重建所述受试者的图像 ; 以及

将所重建的图像存储到患者数据库 (238)。

7. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的系统, 其中, 所述多个帧包括在一段时间内采集的大约 20 个帧, 所述一段时间包括由所述放射性校准体模所包括的放射性材料的大约 6-8 个半衰期。

8. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的系统, 其中, 所述 PET 扫描器是飞行时间 PET 扫描器。

9. 一种校准正电子发射断层摄影 (PET) 扫描器的方法, 包括 :

接收针对多个选定的并发时间窗和 / 或能量窗的设置 ;

在预定时间段的多个帧的每个期间扫描放射性校准体模, 并针对所述时间窗和 / 或能量窗的设置定义的多个并发时间窗和 / 或能量窗中的每个采集并发数据 ; 以及

针对每个选定的并发时间窗和 / 或能量窗, 由在所述预定时间段内在每个帧中探测到的光子计数数目计算标准摄取值 (SUV)。

10. 根据权利要求 9 所述的方法, 还包括 :

由所述标准摄取值针对每个所述时间窗生成校准曲线,并且利用所述校准曲线校准光探测器。

11. 根据权利要求 10 所述的方法,还包括:

计算归一化校正值,所述归一化校正值校正所述 PET 扫描器中所述光探测器的灵敏度差异。

12. 根据权利要求 9-11 中任一项所述的方法,其中,以列表模式收集所述并发数据,并且还包括:

为每个接收的辐射事件打上时间戳;

根据每对并发事件对应于所述多个并发时间窗和 / 或能量窗中的哪个,对所述辐射事件进行分类。

13. 根据权利要求 9-11 中任一项所述的方法,其中,所述多个并发时间窗和 / 或能量窗的设置是交错的,并且其中,所述方法还包括:

针对交错的并发时间窗和 / 或能量窗的设置定义的多个交错的并发时间窗采集并发数据。

14. 一种校准正电子发射断层摄影 (PET) 扫描器的装置,包括:

用于接收针对多个选定的并发时间窗和 / 或能量窗的设置单元;

用于在预定时间段的多个帧的每个期间扫描放射性校准体模,并针对所述时间窗和 / 或能量窗的设置定义的多个并发时间窗和 / 或能量窗采集并发数据的单元;以及

用于针对每个选定的并发时间窗和 / 或能量窗,由在所述预定时间段内在每个帧中探测到的光子计数数目计算标准摄取值 (SUV) 的单元。

15. 根据权利要求 14 所述的装置,还包括:

用于由所述标准摄取值针对每个所述时间窗生成校准曲线,并且利用所述校准曲线校准光探测器的单元。

16. 根据权利要求 15 所述的装置,还包括:

用于计算归一化校正值的单元,所述归一化校正值校正所述 PET 扫描器中所述光探测器的灵敏度差异。

17. 根据权利要求 14-16 中任一项所述的装置,其中,以列表模式收集所述并发数据,并且还包括:

用于为每个接收的辐射事件打上时间戳的单元;

用于根据每对并发事件对应于所述多个并发时间窗和 / 或能量窗中的哪个,对所述辐射事件进行分类的单元。

18. 根据权利要求 14-16 中任一项所述的装置,其中,所述多个并发时间窗和 / 或能量窗的设置是交错的,并且其中,所述装置还包括:

用于针对交错的并发时间窗和 / 或能量窗的设置定义的多个交错的并发时间窗采集并发数据的单元。

19. 一种 PET 扫描器,包括:

具有多个探测闪烁事件的辐射探测器的扫描架;

并发加窗电路 (216),其识别多个不同长度的并发窗内的所探测到事件对;

用户输入设备,用户通过其选择所述并发窗中的至少一个;

归一化校正模块 (230), 其将存储的归一化校正值应用到所选定的并发窗中采集的扫描数据;

SUV 校正模块 (232), 其将存储的 SUV 校正值应用到所选择的并发窗中的所采集的扫描数据; 以及

重建处理器 (234), 其将校正后的扫描数据重建为图像, 以在显示器上呈现。

具有变化的并发窗的 PET 校准

技术领域

[0001] 本申请特别适用于正电子发射断层摄影 (PET) 系统中,特别是涉及到 PET 扫描器校准。然而,将要理解,所描述的技术也可以在其他医疗成像设备校准系统、其他校准情景、或其他扫描器校准技术中得到应用。

背景技术

[0002] 如美国专利 No. 7718954 中所描述,典型的 PET 扫描器执行归一化校准以校正不均匀的 3D 探测器响应,这通常需要约 6 小时。此外,这种扫描器采用标准摄取值 (SUV) 校准,提供了图像中的计数到放射性浓度的转换。该校准用的是衰变的 F-18 源,可能花费 11 小时或更长时间才能完成。

[0003] 由 PET 扫描器测量并在并发时间窗 (如,6ns) 内发生的任何事件,甚至是两个随机的单一事件,都被作为并发事件处理,即,认为其定义了有效响应线 (LOR)。降低将随机事件视为有效的频率是有益的,其原因有几个。比如,随机事件的减少提高了系统的最大 NECR (NEMA NU-2 标准,等效噪声计数率) 的性能,并减少了用于重建处理 (加快列表模式重建) 的数据量。此外,减少随机事件还降低了重建过程中需要校正的量,并为 PET 扫描器采集有效并发事件提供更多带宽。

[0004] 人们曾试图通过将并发时间窗降低到覆盖被成像的对象 (参见,例如,美国专利 No. 7626171) 所需的最低要求来减少随机事件。然而,在这种方法中,减小并发窗会改变系统的计数特性,因此对于所应用的每个并发窗设置,需要进行单独的 SUV 校准。

[0005] 如今,商用 PET 扫描器具有固定的并发窗,例如,约 6 纳秒。然而,对于某些患者,尤其是较矮小的患者,和 / 或进行脑成像等时,为了在真实事件和噪声 (随机事件) 间做出更好的区分,可以缩短并发窗。不过,并发窗的持续时间影响包括归一化和 SUV 在内的各种校准。每个校准程序都非常消耗时间,通常对于每个并发窗花费 11-14 小时或更长时间。

[0006] JP 11153669A 公开了一种正电子发射断层摄影 (PET) 扫描器和连接到其的图像处理。用所述 PET 扫描器获得的图像数据被发送到所述图像处理器,其中,使用放射性活度计测量用于患者的放射性化合物样本的放射性活度。运算器的 SUV 计算器由输入的放射性活度、总用药量、患者体重和其他参数计算与 $SUV = 1$ 相对应的放射性活度浓度。图像处理器将 PET 图像数据除以与 $SUV = 1$ 相对应的放射性活度浓度并将其转换为 SUV 值。转换后的图像最终在显示器上显示。

[0007] US 7626171B2 公开了一种对飞行时间 (TOF) 图像进行重建的方法,所述方法包括获得将要在成像系统的检查区域进行成像的受试者的属性。探测与从受试者发射的辐射相关联的事件并将其转换为电子数据。将归属于位于所述属性之外的辐射事件的电子数据移除并且由剩余的电子数据重建图像。

发明内容

[0008] 本申请提供了新的改进的 PET 扫描器校准系统和方法,在 SUV 采集期间,在放射性

校准体模上采用交错并发时间窗的设置,这克服了上面提及的问题和其它问题。

[0009] 根据一个方面,一种便于校准正电子发射断层摄影(PET)扫描器的系统包括:PET扫描器,在所述PET扫描器中放置放射性校准体模并在预定时间内进行扫描;以及处理器,其执行存储器中存储的计算机可执行指令,所述指令包括接收用于多个选定并发时间和/或能量窗的设置。所述指令还包括在预定时间段的多个帧的每个期间,扫描放射性校准体模并针对所述时间窗和/或能量窗的设置定义的多个并发时间窗和/或能量窗中的每个采集并发数据。此外,所述指令包括针对每个选定的并发时间窗和/或能量窗,由在预定时间段中的每个帧中探测的光子计数数目计算标准摄取值。

[0010] 根据另一个方面,一种校准正电子发射断层摄影(PET)扫描器的方法包括接收多个选定的并发时间窗和/或能量窗的设置;以及在多个预定时间段中的多个帧的每个期间,扫描放射性校准体模并针对所述时间和/或能量窗的设置定义的多个并发时间窗和/或能量窗中的每个采集并发数据。该方法还包括针对每个选定的并发时间窗和/或能量窗,由在预定时间段中的每个帧中探测的光子计数数目计算标准摄取值(SUV)。

[0011] 根据另一方面,一种PET扫描器包括:扫描架,其具有多个探测闪烁事件的辐射探测器;并发加窗电路(coincidence windowing circuit),其识别多个不同长度的并发窗之内的探测到的事件对;以及用户输入设备,用户通过其选择并发窗中的至少一个。该PET扫描器还包括:归一化校正模块,其应用存储的归一化校正值以在选定的并发窗中采集扫描数据;SUV校正模块,其应用存储的SUV校正值以在选定的并发窗中采集扫描数据;以及重建处理器,其将校正后的扫描数据重建为图像,以在显示器上呈现。

[0012] 一个优点是减少了扫描器校准时间。

[0013] 另一个优点在于针对多个时间窗校准扫描器。

[0014] 在阅读和理解以下详细描述之后,本领域普通技术人员将认识到本主题创新的其他优点。

附图说明

[0015] 本创新可以采用各种部件和部件的布置,以及各种步骤和步骤的安排的形式。附图仅仅为了例示各方面,而不应被解读为限制本发明。

[0016] 图1图示了标准摄取值(SUV)采集序列,其使用交错并发窗设置来对多个并发窗进行单一SUV校准和归一化,从而消除了针对每个并发窗的设置进行单独的SUV和归一化校准的需要。

[0017] 图2图示了根据本文中所描述的各方面的系统,其便于在SUV采集序列期间用交错并发时间窗的设置校准PET扫描器。

[0018] 图3图示了根据本文中所描述的各个方面的、使用交错并发时间窗来校准PET扫描器的方法。

[0019] 图4图示了根据本文中所描述的各个方面的、通过对从放射性体模采集的并发数据进行后期处理而对PET扫描器进行校准的方法,其用交错并发时间窗分装(bin)所采集的数据。

[0020] 图5图示了根据上述校准方法之一校准的PET扫描器。

具体实施方式

[0021] 本主题创新通过在 SUV 校准中交错并发时间窗的设置来减少校准持续时间,克服了扫描器校准的耗时与劳动密集型问题。在另一实施例中,通过在最大的并发窗进行 SUV 和归一化校准采集和对期望并发窗的数据进行后期处理来减少校准持续时间。

[0022] 图 1 示出了标准摄取值 (SUV) 采集序列 10,其使用交错的并发窗设置来对多个并发窗进行单一 SUV 校准和归一化,从而消除了对每一个并发窗的设置进行单独的 SUV 和归一化校准的需要。在图 1 中,针对 20 个帧 (标记为 0-19) 示出了三个交错的时间窗 (例如 2ns, 4ns, 和 6ns)。每个帧分为三部分,每一部分对应时间窗之一。通过这种方式,PET 扫描器中的随机事件减少了,PET 扫描器的最大等效噪声计数率 (NECR) 根据被成像对象的直径被最大化。针对各时间点的动态系列中的每个图像或帧,逐像素或在感兴趣区 (ROI) 上将 SUV 计算为组织放射性浓度比率。如本文所使用,“随机事件”或“随机”表示在其中两个单一事件在并发时间窗 (例如,6ns 或者某个其他预定义时间窗) 内被 PET 扫描器测量或探测到并且被误认为或误处理为并发事件 (即,误认为或误处理为单一的共同湮灭事件的结果而发生) 的发生。

[0023] 现有技术中已知,根据动量守恒原理,当电子和正电子相遇时,它们就会湮灭,发射出两个相反方向的 511keV 伽玛射线。在 PET 数据采集中,人们推定两个基本同步或并发的 511keV 伽玛射线探测事件源于相同的正负电子湮灭事件,因此该正负电子湮灭事件定位于将两个基本同时的 511keV 伽玛射线探测事件连接起来的“响应线” (LOR) 的某处。这种响应线有时也被称为投影,所收集的 PET 数据就被称为投影数据。

[0024] 在常规的 PET 中,两个在选定的短时间或并发窗内,例如彼此在 6 纳秒之内发生的 511keV 伽玛射线探测事件,被认为定义有效 LOR。由于探测器元件湮没位置会变化,伽玛光子探测事件间会发生小的 (例如,亚纳秒) 时间差。与此相关的一种技术,称为飞行时间 PET 或 TOF-PET,就利用了这一小的时间差,对沿 LOR 正负电子湮灭事件进一步定位。通常,湮灭事件发生于沿 LOR 的更接近于首先发生的伽马射线探测事件的点。如果两个伽玛射线探测事件同时发生在探测器的时间分辨率范围内,那么湮灭事件就发生在 LOR 的中点。

[0025] 根据不使用来自 F18 体模的校准数据的交错收集的常规方法,对于 20 帧 (例如,帧 0-19) SUV 获取序列,每个并发窗设置要花费 11 小时。根据范例,对于 0-7 帧的 SUV 数据采集,每一帧需要花费 15 分钟,共需花费两小时;对于 8-13 帧的 SUV 数据采集,每一帧需要花费 30 分钟,共需花费三小时,对于 14-19 帧的 SUV 数据采集,每一帧需要花费一小时,共需花费六小时。校准扫描需要很长时间的的一个原因是,F18 放射性材料的半衰期约为 110 分钟,所以 11 小时的扫描提供了材料的 6 个半衰期 (即 11 小时后,98.5% 的 F18 放射性材料已经衰变) 的数据。于是,需要 11 小时期间上的数据将扫描器中的光电倍增管校准到放射性水平范围。也就是说,仅使用在头 110 分钟获取的数据校准扫描器通常不能为低水平放射活性探测提供足够的精确度,所述低水平放射活性比如可能是相当于校准扫描期间第 10 或 11 小时采集的校准数据。此外,如果用户针对三个并发窗设置 (例如,2ns, 4ns, 和 6ns) 运行 SUV 获取序列,那么按常规方法将花费 33 个小时 (使用以上的 F18 范例),再加上为每个并发窗准备新的 F18 校准体模的时间。

[0026] 本申请已认识到,校准只需要在每一帧中对校准进行充分采样,而不是对每整个帧进行连续采样。如图 1 所示,通过对多个并发窗中的校准数据收集进行交错,就可以利用

F18 体模在单一的 11 个小时的扫描期间对所有三个（或更多）并发窗设置执行前述示范性 SUV 校准数据采集序列。于是，图 1 提供了一种修改典型的 SUV 校准采集序列的示范性方法，使得在每一帧内针对每个并发窗的校准数据采集都是交错进行的。虽然在图 1 范例中提供的是 2ns、4ns、和 6ns 的并发窗设置，但是本领域技术人员将理解，也可以采用其他的窗设置。此外，如本领域技术人员将理解，可以采用更多或更少的交错窗设置（例如，2、3、4、5、6 个等）。

[0027] 对于每一帧，都是针对所有三个并发窗采集数据。例如，不是在第 0 帧期间花费 15 分钟针对单一时间窗采集数据，而是在第 0 帧花费 5 分钟针对三个并发窗中的每一个采集数据。这就导致与常规规程相比，所有帧中的给定并发窗只能采集 1/3 的数据，但是每个并发窗中采集的数据仍然遍布整个衰变周期（例如 11-14 小时），这就为 SUV 表征和 PET 扫描器中光电倍增管的校准提供了极其充足的数据。通过这种方式，在整个 11 小时期间，就可以针对所有三个（或其它数目）并发窗，采集校准数据（SUV），这是有利的，因为通过使用在整个放射性衰变周期（如 6-7 个半衰期）收集的数据，改善了每个并发窗扫描器的校准，但是对于每个并发窗，校准不值得需要整整 11 小时的数据。相反，在 11 小时期间获得的每个帧期间，对于每个并发窗可能会进行定期采样。

[0028] 在一个实施例中，采集硬件为每个辐射事件打上时间戳。辐射事件受制于最大的并发窗，从而丢弃要校准的最大并发窗以外的事件。软件查看时间戳并按照并发时间，例如在 2ns、4ns、和 6ns 内并发的时间中，来对并发对进行分类。这种方法允许用最宽的并发窗（例如，6ns）运行一次归一化和 SUV 采集，并通过后期处理生成其他并发窗的解。

[0029] 在一种技术中，利用了在不同的并发窗进行顺序采集。在一个实施例中，对校准帧进行实时处理（例如，使用硬件，软件或其组合）以同时应用多个并发窗设置。在另一个实施例中，对校准进行交错，以便在附加的采集参数中包括变化，采集参数例如是能量窗或横向视场。

[0030] 图 2 示出了一种便于使用体模 103，例如 F18 体模，来校准 PET 扫描器 102 的系统 100。系统 100 包括耦合到 PET 扫描器和存储器 106 的处理器 104。存储器存储，处理器执行，计算机可执行指令，以执行本文所述的各种功能、方法、技术、程序等。该系统还包括用户接口 108，所述用户接口 108 包括一个或多个输入设备 110（例如，键盘、鼠标、手写笔、触摸屏、麦克风等），以及在其上将信息呈现给用户的显示器 112。

[0031] 存储器存储 SUV 校准数据采集序列的软件模块 114，由处理器 104 执行其以在氟脱氧葡萄糖-18 (F-18) 校准体模在 PET 扫描器的检查区域中进行放射性衰变（例如，超过一个小时长的衰变期）时，对校准体模进行扫描期间，确定 SUV 校准数据 115。使用 SUV 数据，根据采集扫描期间并发窗来计算标准摄取值。在一个实施例中，体模是 20cm 乘 30cm 的圆柱形体模。在另一个实施例中，体模是球形的。

[0032] 并发窗设置信息 116 由用户输入到用户接口 108 中并存储在存储器 106 中。此外，存储器存储了一个或多个由重建处理器 120 执行的重建算法 118，以便在 PET 扫描器 102 校准后重建校准体模和或其它对象的图像。一旦采集了 SUV 校准数据 115，处理器就会执行为 PET 扫描器 102 校准标准摄取值的校准模块 122。此外，处理器执行存储在存储器中的归一化模块 124，以计算 PET 扫描器中每一个光探测器或光电倍增管的归一化关系，使得所有的辐射传感器对入射辐射有共同的灵敏度。对于每个并发窗也进行归一化校准。可以使用以

上针对 SUV 校准所描述的相同的技术来为每一个并发窗校准归一化。

[0033] 针对每个并发窗收集的交错校准数据便于提供可调节的和 / 或可选择的并发窗, 例如, 2, 4 或 6 纳秒的并发窗。经由校准模块 122 和归一化模块 124 在单一校准程序中校准 SUV 和归一化值。为了进行 SUV 校准, 通常在 F-18 在很多小时 (例如 14 小时) 内衰变时利用 F-18 体模获取数据。在一个实施例中, 针对每个并发窗时间循环收集数据, 以在 14 小时内产生一系列的点, 以定义三条摄取曲线, 如图 1 的采集序列所示。

[0034] 在另一实施例中, 用足够的精确度为所有数据打上时间戳, 由处理器 104 执行的分类模块 127 将带有时间戳的数据 126 分类为 2 纳秒, 4 纳秒, 或 6 纳秒内并发的时间。可以使用这些读数和它们的收集时间来针对每个并发窗生成 SUV 校准曲线 128。

[0035] 在另一实施例中, 能量窗调节模块 130 提供了一种可调节的能量窗。也就是说, 对于采集的 F-18 扫描数据, 被认为有效的 511keV 附近能量的能量峰宽度或范围是可调节的。然而, 改变能量窗也会改变 SUV 和归一化校准。在这种情况下, 使用本文所述的技术, 在单一的校准流程中, 使用交错技术或通过记录每个事件的能量并按照能量窗分类, 针对多个能量窗中的每一个校准 SUV 和归一化。

[0036] 根据另一实施例, 核扫描器 102 是飞行时间 (TOF) PET 扫描器, TOF 数据 132 被存储在存储器 106 中, 用于改善重建 PET 图像的精确度。

[0037] 如上所述, 系统 100 包括处理器 104 和存储器 106, 处理器 104 执行并且存储器 106 存储计算机可执行指令 (例如, 例程、程序、算法、软件代码等) 的, 用于执行本文中所述的各种功能、方法、程序等。此外, 本领域技术人员将理解, 本文中所使用的“模块”, 是指一组计算机可执行指令、软件代码、程序、例程等。

[0038] 所述存储器可以是在其上存储了控制程序的计算机可读介质, 例如磁盘、硬盘驱动器。常见形式的计算机可读介质包括, 例如软盘、软碟、硬盘、磁带或任何其他磁存储介质, CD-ROM、DVD, 或任何其他光学介质, RAM、ROM、PROM、EPROM、FLASH-EPROM、它们的变体, 其他存储器芯片或盒式磁带, 或任何其他处理器能够从其读取和执行的有形介质。在这种背景下, 可以在一个或多个通用计算机、专用计算机、编程的微处理器或微控制器以及外围集成电路元件、ASIC 或其他集成电路、数字信号处理器、硬布线电子或逻辑电路, 如分立元件电路、诸如 PLD、PL、FPGA、图形卡 CPU (GPU) 或 PAL 可编程序逻辑器件等上实现本文中所述的系统或将本文中所述的系统实现为它们。

[0039] 图 3 和图 4 图示了根据各种特征, 与利用交错的并发窗设置校准 PET 扫描器相关的方法。虽然本文的方法被描述为一系列动作, 但是显然实现上述目标和 / 或结果不一定需要所有动作, 根据某些方面, 一些动作可以按照与所述特定次序不同的次序执行。

[0040] 图 3 图示了根据本文所述的各个方面, 用交错并发时间窗来校准 PET 扫描器的方法。在 160 处, 选择或设置交错并发窗。在一个范例中, 分别将三个时间窗的设置为 2ns, 4ns, 和 6ns。然而, 应该理解, 也可以设置其它的时间窗的设置 (例如, 1ns, 1.5ns, 2.7ns, 3ns, 5ns 等) 以及其他数目的时间窗 (例如, 2, 4, 5, 等等)。在 162, 扫描放射性体模并针对每个并发窗设置和每个能量窗采集并发数据。在 164, 分析并发数据, 针对每一帧中的体模以及针对每个时间窗确定标准摄取值 (SUV)。针对各时间点的动态系列的每个图像或帧, 逐像素或在感兴趣区 (ROI) 上将 SUV 计算为组织放射性浓度的比率。在 166, 用针对每个并发窗设置和每个能量窗的设置采集的数据, 对 PET 扫描器中的光探测器进行归一化。光探测

器校准通常包括调节光探测器阵列的空间的增益和偏移,以确保空间和能量的一致性和精确性。

[0041] 图 4 图示了用于通过对在列表模式下从放射性体模采集的并发数据进行后期处理来校准 PET 扫描器的方法。在 178,选择能量窗的设置。在校正所采集的用于重建的扫描数据时,丢弃所探测到的超出所选能量窗的辐射事件。在 180,选择并发时间窗的设置。使用探测到的选定的并发窗范围内的辐射事件来确定用于扫描器校准和归一化的 SUV。在 182,随着放射性材料衰变(例如,在超过 14 小时的周期内等)扫描放射性体模来采集数据。以列表模式收集数据,在该模式下,对每个事件打上时间戳并记录其能量。在 184,对列表模式下的数据进行后期处理,以根据哪些特定数据落在多个选定的并发窗中的哪些和/或粒子数据落在多个所选能量窗中的哪些对其进行分装或分类。在 186,对每个分装中的并发数据进行分析,以针对每个帧中的体模或针对每个时间和/或能量窗计算标准摄取值(SUV)。针对各时间点的动态系列中的每个图像或帧,逐像素或在感兴趣区(ROI)上将 SUV 计算为组织放射性浓度的比率。在 188,对 SUV 和的归一化连接值进行存储。在扫描患者时,在 190 选择并发窗和/或能量窗之一。在 192,检索相应的 SUV 和归一化校正值。在 194,根据检索到的 SUV 和归一化值对 PET 数据进行采集(例如,扫描患者)和校正。将校正后的数据重建成图像,用于显示和/或存储。

[0042] 图 5 图示了按照上述校准方法之一进行校准的 PET 扫描器 210。该 PET 扫描器包括带有多个探测辐射事件(例如,伽玛射线等)的辐射探测器的扫描架。提供了用户输入设备 212,其包括并发窗选择器 214,通过该选择器,用户输入或选择描绘一个或多个并发窗的并发窗设置,并发加窗电路 216 将辐射事件分装或分类到所述一个或多个并发窗中。输入设备还包括能量窗选择器 218,用户经由所述能量窗选择器 218 输入或选择定义一个或多个能量窗的能量窗的设置。能量窗电路 220 排除或丢弃不在所选能量窗范围内的探测到的辐射事件。并发和/或能量窗用于如本文所述地校准 PET 扫描器。

[0043] 该系统还包括:归一化存储器 222,其存储针对多个并发时间窗和/或能量窗进行的校准期间导出的归一化校正值 224;以及 SUV 存储器 226,其存储针对多个并发时间窗和/或能量窗的校准期间导出的 SUV 校正值 228。归一化校正模块 230(例如,处理器)针对扫描物体时用到的给定并发或能量窗检索归一化校正值 224,并对采集的扫描数据进行归一化。SUV 校正模块 232(例如,处理器)检索存储的 SUV 校正值 228 并针对采集的扫描数据进行 SUV 校正。然后重建处理器 234 重建受试者的图像,所述受试者的图像在显示器 236 上呈现给用户并且/或者存储在患者数据库 238 中,供以后检索和显示。

[0044] 已经参考几个实施例描述了本创新。他人在阅读和理解以上详细描述之后可能想到修改和变型。应当将本创新解读为包括所有这样的修改和变型,只要它们在所附权利要求或其等价要件的范围之内。

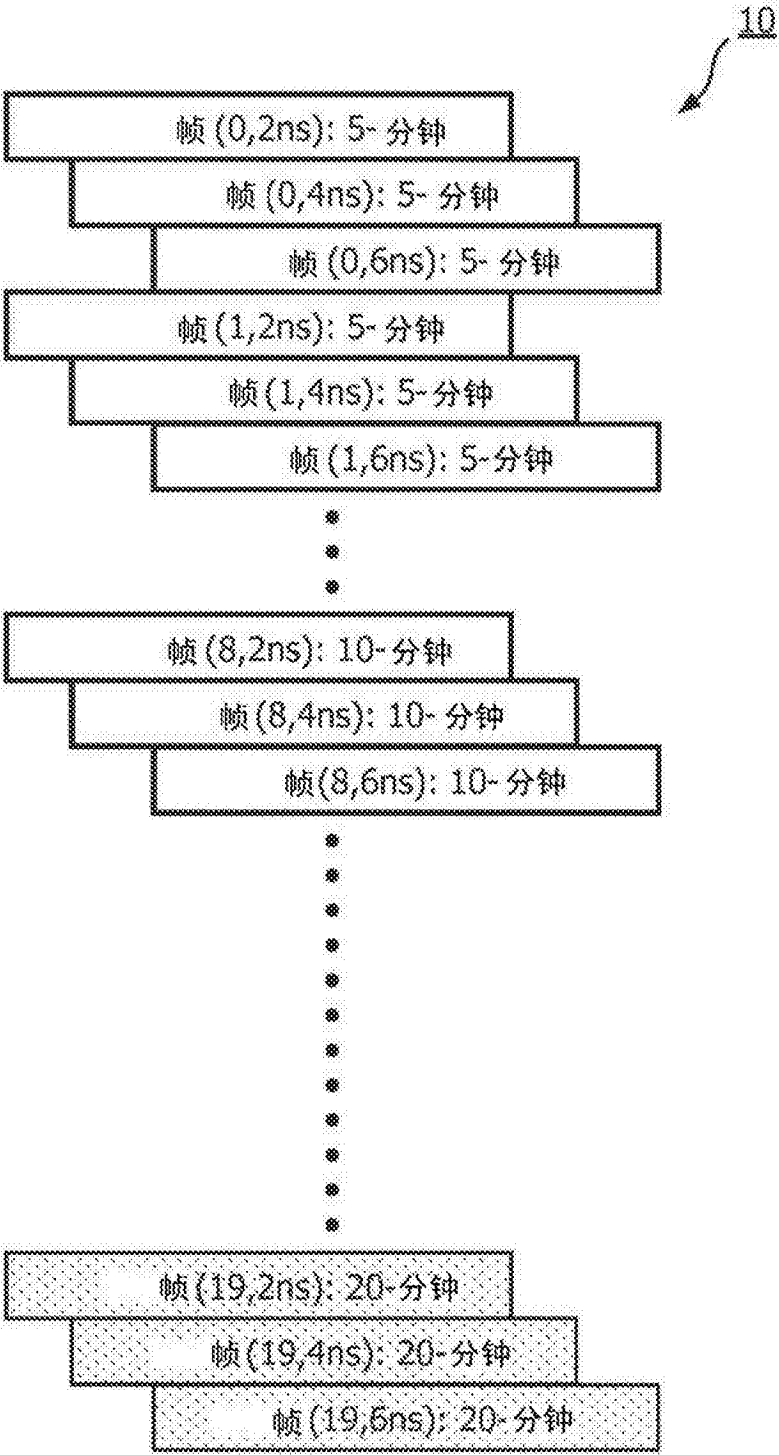


图 1

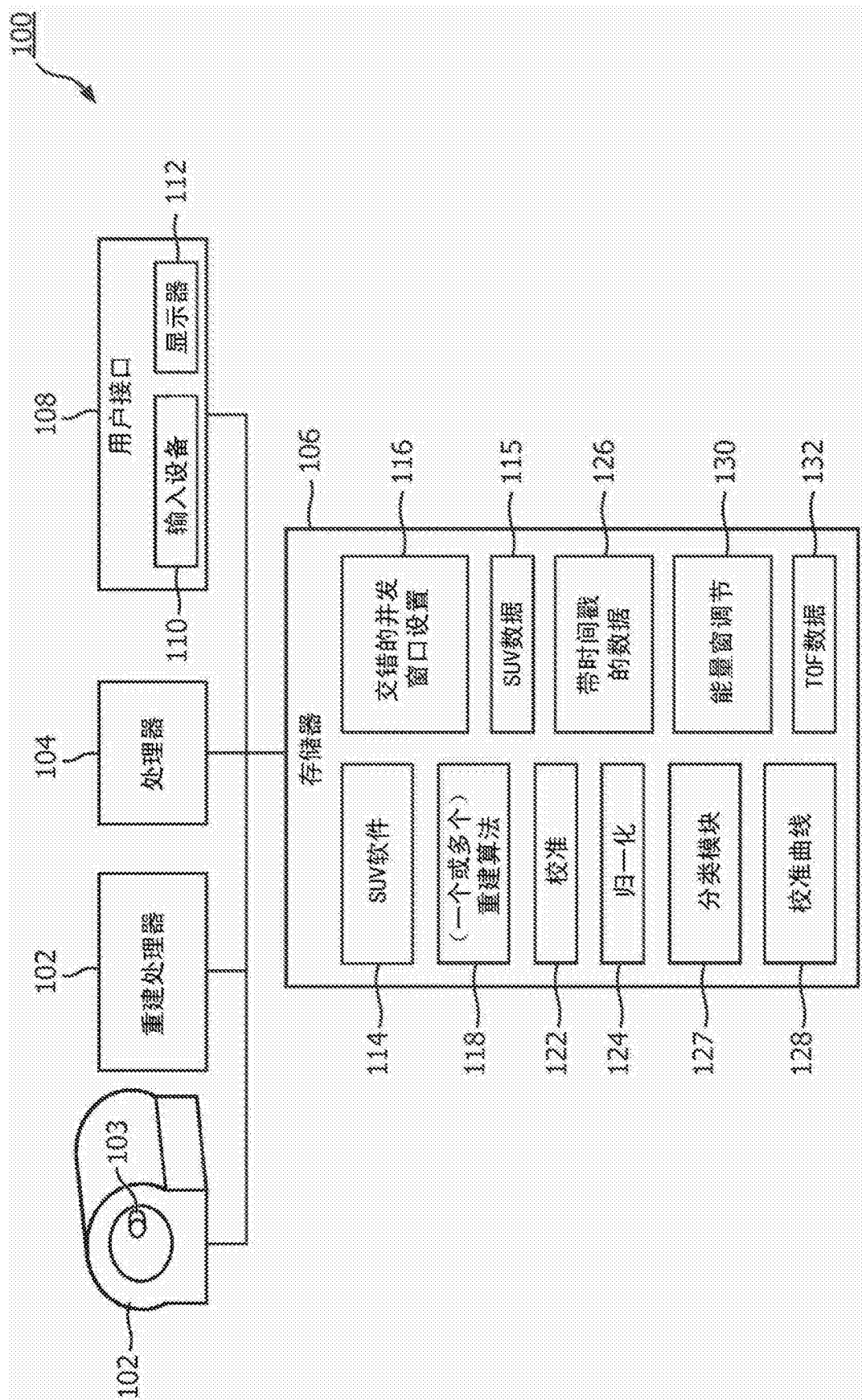


图 2

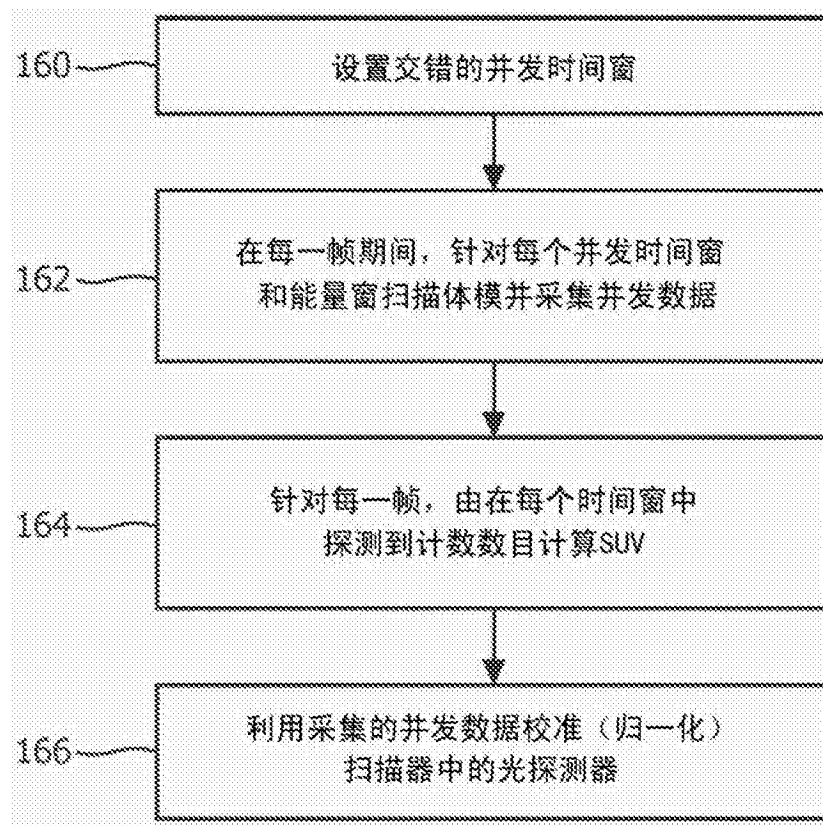


图 3

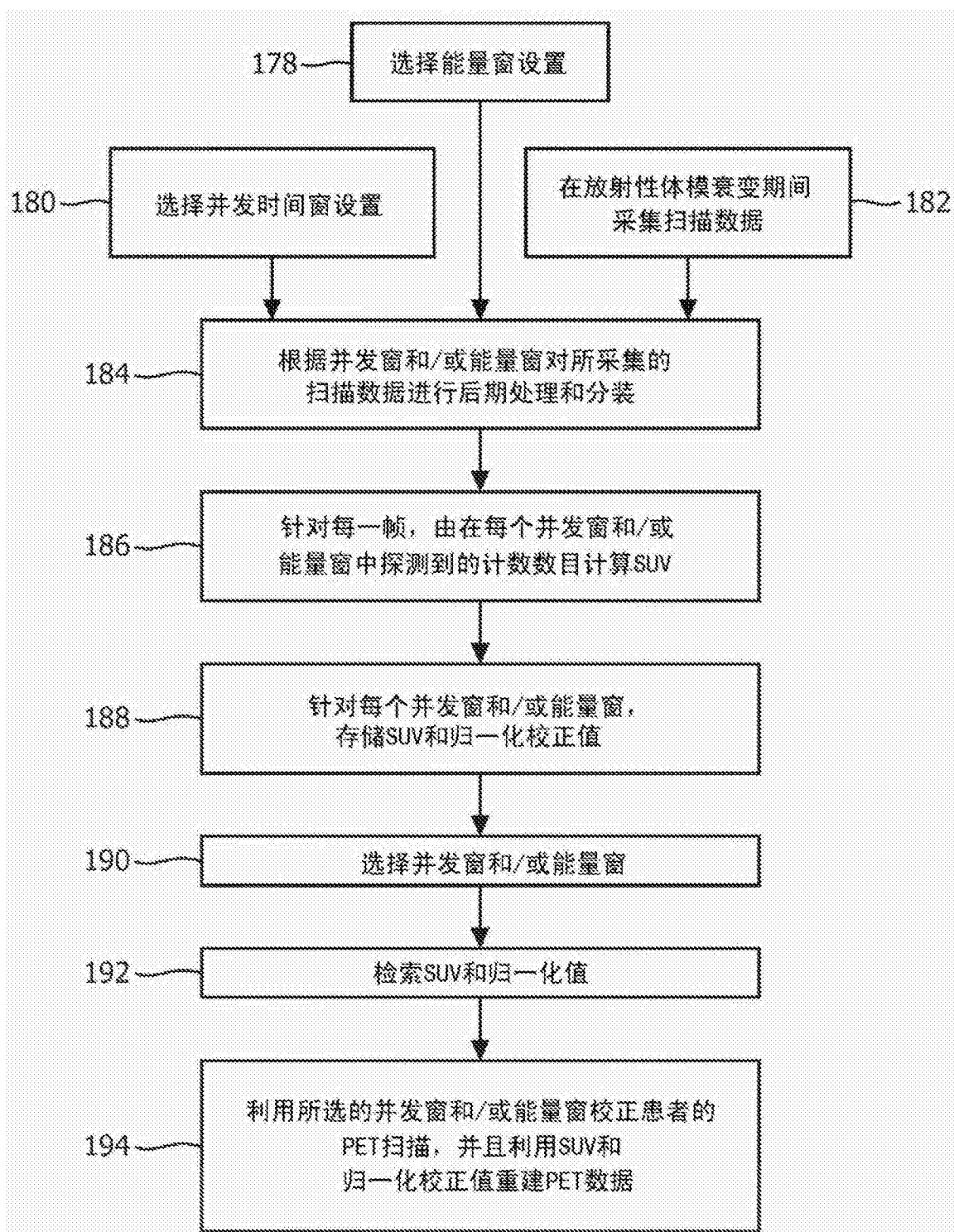


图 4

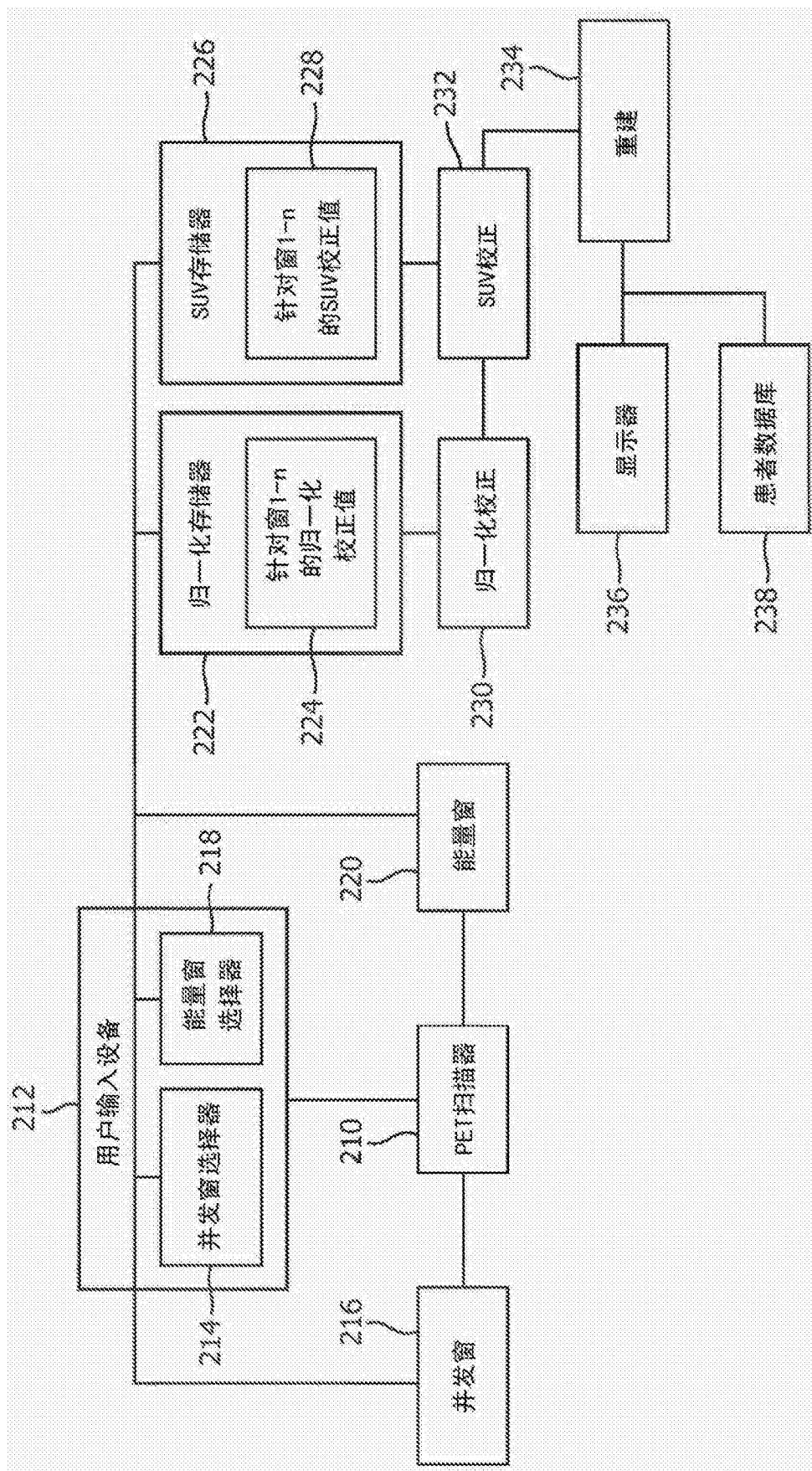


图 5