



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109788941 A

(43)申请公布日 2019.05.21

(21)申请号 201680089675.5

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2016.09.28

A61B 8/14(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.03.28

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/CN2016/100528 2016.09.28

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/058358 EN 2018.04.05

(71)申请人 柯惠有限合伙公司

地址 美国马萨诸塞

(72)发明人 甘小方 谭伟

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 高文静

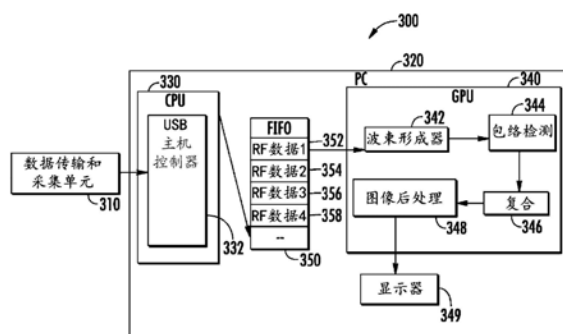
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

用于超声成像设备的CPU和GPU处理并行化的系统和方法

(57)摘要

本发明涉及一种超声成像系统,所述超声成像系统包括换能器阵列、超声前端和处理装置。所述换能器阵列具有多个换能器元件,所述多个换能器元件中的每一者被配置为将声能传输到感兴趣的区域并接收反射的声能。所述超声前端对所述反射的声能数字采样以生成射频(RF)数据。所述处理装置包括中央处理单元(CPU)、先进先出(FIFO)缓冲器和图形处理单元(GPU)。所述CPU接收包括RF帧的所述RF数据,并且所述FIFO缓冲器包括用于存储所述RF帧的多个存储块,其中每个存储块的大小等于单个RF帧的大小。所述GPU从所述FIFO缓冲器的所述多个存储块读取所述RF帧并重构图像。



1. 一种超声成像系统,所述超声成像系统包括:
换能器阵列,所述换能器阵列包括多个换能器元件,所述多个换能器元件中的每一者被配置为将声能传输到感兴趣的区域并接收反射的声能;
超声前端,所述超声前端被配置为对所述反射的声能数字采样以生成射频(RF)数据;
以及
处理装置,所述处理装置包括:
中央处理单元(CPU),所述中央处理单元用于接收包括RF帧的所述RF数据;
先进先出(FIFO)缓冲器,所述先进先出缓冲器包括用于存储RF帧的多个存储块,其中每个存储块的大小等于单个RF帧的大小;以及
图形处理单元(GPU),所述图形处理单元用于从所述FIFO缓冲器的所述多个存储块读取所述RF帧并重构图像。
2. 根据权利要求1所述的超声成像系统,所述超声成像系统还包括用于显示所述感兴趣的区域的所述重构图像的显示器。
3. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中所述图像通过执行包络检测、复合和后处理重构。
4. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中所述FIFO缓冲器的所述多个存储块的数量大于或等于 $(t_2+t_3)/t_1$,其中 t_1 为所述CPU接收一个RF帧的时间, t_2 为所述GPU读取一个RF帧的时间,并且 t_3 为所述GPU执行包络检测、复合和后处理的时间。
5. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中以并行方式,所述CPU接收所述RF帧并且所述GPU读取所述RF帧。
6. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中所述多个换能器元件的数量为128。
7. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中所述声能以平面波形传输。
8. 根据权利要求7所述的超声成像系统,其中所述平面波形具有11个转向角度。
9. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中所述GPU读取所述FIFO缓冲器的单个存储块以处理一个RF帧。
10. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中所述GPU以并行方式通过延迟求和操作执行波束形成处理。
11. 一种超声成像方法,所述超声成像方法包括:
由包括多个换能器元件的换能器阵列将声能传输到感兴趣的区域;
接收反射的声能;
对所述反射的声能数字采样以生成RF数据;
由中央处理单元(CPU)接收包括RF帧的所述RF数据;
将RF帧存储在先进先出(FIFO)缓冲器的多个存储块中的一个存储块中,其中每个存储块的大小等于单个RF帧的大小;
由图形处理单元(GPU)从所述FIFO缓冲器的所述存储块读取所述RF帧;以及
由所述GPU基于所述RF帧重构图像。
12. 根据权利要求11所述的方法,所述方法还包括在显示器上显示所述感兴趣的区域的所述重构图像。
13. 根据权利要求11所述的方法,其中重构所述图像包括由所述GPU执行包络检测、复

合和后处理。

14. 根据权利要求11所述的方法,其中所述FIFO缓冲器的每个存储块的大小大于或等于 $(t_2+t_3)/t_1$,其中 t_1 为所述CPU接收一个RF帧的时间, t_2 为所述GPU从所述存储块读取所述RF帧的时间,并且 t_3 为所述GPU重构所述图像的时间。

15. 根据权利要求11所述的方法,其中接收所述RF数据和读取所述RF帧以并行方式执行。

16. 根据权利要求11所述的方法,其中所述多个换能器元件的数量为128。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中所述声能以平面波形传输。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中所述平面波形具有11个转向角度。

19. 根据权利要求17所述的方法,其中所述波束形成处理以并行方式通过延迟求和操作执行。

20. 根据权利要求11所述的方法,所述方法还包括由所述GPU对所述RF帧执行波束形成处理。

用于超声成像设备的CPU和GPU处理并行化的系统和方法

背景技术

1. 技术领域

[0001] 本公开整体涉及超声成像设备,并且更特别地,涉及用于超声成像设备的CPU和GPU处理并行化的系统和方法。

[0002] 2. 相关领域的讨论

[0003] 超声系统已成为流行的诊断工具,因为它具有广泛的应用范围。具体地讲,由于其非侵入性和非破坏性的性质,超声系统已广泛用于医疗界中。现代高性能超声系统和技术通常用于产生物体(例如,人体器官)的内部特征的二维或三维图像。

[0004] 超声系统通常使用包含宽带宽换能器的探头来传输和接收超声信号。超声系统通过电激励声换能器元件或声换能器元件阵列以生成行进到身体中的超声信号来形成人的内部组织的图像。由于超声信号被身体组织反射,因此超声信号产生超声回波信号,从而表现出传播超声信号的不连续性。各种超声回波信号返回换能器元件并转换为电信号,电信号被放大和处理以产生用于组织图像的超声数据。

[0005] 超声系统采用超声探头,该超声探头包含用于传输和接收超声信号的换能器阵列。超声信号沿与超声探头的扫描头的方向对齐的扫描线传输。超声系统基于所接收的超声信号形成超声图像。通过转向扫描线传输超声信号的技术已被用于获得具有较宽视角的超声图像。

[0006] 此外,超声成像系统可包括超声诊断单元和图像处理单元。超声诊断单元可将超声信号传输到目标对象并且基于回波信号形成例如12位数据。图像处理单元可基于12位数据形成超声图像。图像处理单元还可包括数字信号处理单元(DSP)、数字扫描转换器(DSC)和中央处理单元(CPU)。DSP可操作以处理12位数据从而形成用于形成亮度(B)模式图像、M模式图像或彩色多普勒模式图像的12位原始数据。DSC可操作以扫描转换原始数据,从而输出适用于显示格式的经扫描转换的数据。CPU可操作以控制DSP、DSC和显示单元的操作。另外,CPU还可进一步操作以对经扫描转换的数据执行滤波和渲染,从而形成用于图像模式的像素数据。

[0007] 在CPU中执行的像素数据的渲染和形成可能需要大量的数据操作,使得可用于其他进程的CPU资源较少,并且由CPU的功率消耗变得更高。此外,CPU必须控制DSP和DSC处的数据输入/输出。因此,在形成超声图像时过量的负荷可能被施加到CPU,使得CPU不可用于提供较高的超声图像帧率。因此,需要用于减轻CPU负荷并提供较高超声图像帧率的系统和方法。

发明内容

[0008] 在一个方面,本公开涉及超声成像系统,该超声成像系统包括换能器阵列、超声前端和处理装置。换能器阵列具有多个换能器元件,所述多个换能器元件中的每一者被配置为将声能传输到感兴趣的区域并接收反射的声能。超声前端对反射的声能采样以生成射频

(RF) 数据。处理装置包括中央处理单元 (CPU)、先进先出 (FIFO) 缓冲器和图形处理单元 (GPU)。CPU接收包括RF帧的RF数据,并且FIFO缓冲器包括用于存储RF帧的多个存储块,其中每个存储块的大小等于单个RF帧的大小。GPU从FIFO缓冲器的所述多个存储块读取RF帧并重构图像。

[0009] 在所公开的实施方案中,超声成像系统还包括用于显示感兴趣的区域的重构图像的显示器。

[0010] 在所公开的实施方案中,图像通过执行包络检测、复合和后处理重构。

[0011] 在所公开的实施方案中,FIFO缓冲器的所述多个存储块的数量大于或等于 $(t_2+t_3)/t_1$,其中 t_1 为CPU接收一个RF帧的时间, t_2 为GPU读取一个RF帧的时间,并且 t_3 为GPU执行包络检测、复合和后处理的时间。

[0012] 在所公开的实施方案中,以并行方式,CPU接收RF帧并且GPU读取RF帧。

[0013] 在所公开的实施方案中,所述多个换能器元件的数量为128。

[0014] 在所公开的实施方案中,声能以具有多个转向角度的平面波形传输。转向角度的数量为11。

[0015] 在所公开的实施方案中,GPU读取FIFO缓冲器的单个存储块以处理一个RF帧。

[0016] 在所公开的实施方案中,GPU以并行方式通过延迟求和操作执行波束形成处理。

[0017] 在一个方面,本公开涉及超声成像方法。该方法包括由包括多个换能器元件的换能器阵列将声能传输到感兴趣的区域,接收反射的声能,对反射的声能数字采样以生成RF数据,由中央处理单元 (CPU) 接收包括RF帧的RF数据,将RF帧存储在先进先出 (FIFO) 缓冲器的多个存储块中的一个存储块中;由图形处理单元 (GPU) 从FIFO缓冲器的存储块读取RF帧,以及由GPU基于RF帧重构图像。每个存储块的大小等于单个RF数据的大小。

[0018] 在所公开的实施方案中,该方法还包括在显示器上显示感兴趣的区域的重构图像。

[0019] 在所公开的实施方案中,重构图像包括由GPU执行包络检测、复合和后处理。

[0020] 在所公开的实施方案中,FIFO缓冲器的每个存储块的大小大于或等于 $(t_2+t_3)/t_1$,其中 t_1 为CPU接收一个RF帧的时间, t_2 为GPU从存储块读取RF帧的时间,并且 t_3 为GPU重构图像的时间。

[0021] 在所公开的实施方案中,接收RF数据和读取RF帧以并行方式执行。

[0022] 在所公开的实施方案中,多个换能器元件的数量为128。

[0023] 在所公开的实施方案中,声能以包括转向角度的平面波形传输。转向角度的数量为11。

[0024] 在所公开的实施方案中,该方法还包括由GPU对RF帧执行波束形成处理。

[0025] 在所公开的实施方案中,波束形成处理以并行方式通过延迟求和操作执行。

[0026] 在所公开的实施方案中,该方法还包括由GPU对RF帧执行波束形成处理。

[0027] 此外,在一致的程度上,本文所述的任何方面可与本文所述的其它方面的任一方面或全部结合使用。

[0028] 提供本发明内容是为了以简化的形式介绍下面将在具体实施方式中进一步描述的精选的概念。本发明内容不旨在用于确定权利要求的主题的主要或基本特征,也不旨在用于确定权利要求主题的范围。

附图说明

[0029] 下面参考附图描述了本公开的各个方面,附图包含在本说明书中并构成本说明书的一部分,其中:

[0030] 图1示出了根据本公开的各方面的超声成像系统的顶层架构;

[0031] 图2示出了常规超声成像系统的图像重构过程;

[0032] 图3示出了根据本公开的各方面的图像重构过程;

[0033] 图4A和图4B示出了根据本公开的各方面的CPU(中央处理单元)和GPU(图形处理单元) workflows,其中图4A是当 $L_FIFO < (t_2+t_3) / t_1$ 时的工作流,并且图4B是当 $L_FIFO > (t_2+t_3) / t_1$ 时的工作流;

[0034] 图5示出了根据本公开的各方面的框图,该框图示出了以时间延迟接收波束形成;并且

[0035] 图6示出了根据本公开的各方面的延迟求和操作中的数据层并行化。

具体实施方式

[0036] 详细的描述结合附图来提供。本领域的普通技术人员将认识到,以下描述仅是示例性的,并不以任何方式进行限制。本公开的其他实施方案对于拥有本公开的有益效果的此类技术人员将是显而易见的。

[0037] 如下文进一步详细讨论,相对于靠近超声探头的换能器元件的波形生成来提供通信地耦接到成像系统的超声探头的换能器元件的各种实施方案。在一个实施方案中,超声探头为电子的、可重复使用的、能够对多个独立的换能器元件进行精确的波形定时和复杂的波形整形,并且能够将模拟或数字化数据传送到成像系统。

[0038] 本公开描述了用于通过使CPU和GPU并行化增加超声系统的帧率的方法。首先,CPU经由USB 3.0端口从超声前端接收RF数据,并且然后将RF数据存储先进先出(FIFO)缓冲器中。其次,GPU从FIFO缓冲器读取RF数据,并且然后执行波束形成、包络检测、复合和后处理。第三,将重构图像显示在一个或多个显示屏上。通过将波束形成从超声前端迁移至GPU,超声系统的成本可减少。另外,通过使RF数据接收和波束形成并行化,帧率也进一步增加。

[0039] 图1示出了根据本公开的各方面的超声成像系统100。超声成像是一种广泛用在诊断、筛选和操作中外科指导中的非侵入性次表面成像方式。

[0040] 图1示出了换能器110、超声前端120、通用串行总线(USB)端口130、计算设备140和显示器150。

[0041] 换能器110包括多个换能器元件,所述多个换能器元件通常由压电材料形成并且被称为换能器阵列。扫描线或通道对应于换能器阵列的每个换能器元件。当将频率在射频(RF)范围内的电信号提供到换能器10的每个换能器元件时,每个换能器元件便被激励以生成声信号。

[0042] 当换能器的所述多个换能器元件生成超声波形并将它们朝目标传输时,换能器的所述多个换能器元件基于在每个换能器元件与目标之间的距离差使用时间延迟,使得每个所生成的超声波形可同时到达目标。

[0043] 超声波形沿与超声探头的扫描头的方向对齐的扫描线或通道传输。超声波形被目标反射。反射的波形可被换能器110的对应换能器元件检测到,继而生成电信号。由于反射

的信号或回波的时间形状类似于RF数据的时间形状,因此基于回波的所生成的电信号被称为RF数据。

[0044] 在一个方面,换能器阵列110可包括多元件线性、弯曲线性、相控线性、扇区、或宽视角阵列。例如,换能器阵列110可提供16、32、64或128个通道。在一个实施方案中,换能器阵列110包括128个通道。

[0045] 所接收的信号(所传输的声信号的回波)被换能器转换为RF数据,并且然后传输到超声前端120。换能器阵列110可结合到超声前端120中。超声前端120可包括信号接收器和模数转换器(ADC)。信号接收器可执行(例如)低噪声放大、可编程增益放大和低通滤波,并且ADC对RF数据数字采样。根据本公开的一个方面,波束形成不由超声前端120而是由计算设备140来执行。波束形成是将从换能器110的所述多个换能器元件接收的RF数据与聚焦在感兴趣的空间中特定空间位置处的单个信号组合的处理。因此,计算设备140不必等待直到超声前端120完成波束形成。这样,总处理时间就可以减少。

[0046] 在一个方面,换能器阵列可包括对应于128条线或通道的128个换能器元件。因此,单个帧(图像)包括128条线的RF数据。在模数转换期间,每条单线被采样为4096个点。每个点占用2个字节,这就意味着RF数据的一个帧(下文称为RF帧)的大小为: $4096*128*2=1\text{M}$ 字节。在执行模数转换之后,数字RF数据经由USB 3.0端口130传输到计算设备140。USB 3.0端口130的正常传输速度为300Mb/s,这就意味着需要3.33ms来将RF数据的一个RF帧从超声前端120传输到计算设备140。

[0047] 计算设备140执行波束形成和后处理。对单个波束形成信号的后处理导致超声图像的构建。图像被传输到监视器150的屏幕并在其上显示。

[0048] 图2示出了图1的常规超声成像系统的图像重构过程。图像重构系统200包括数据传输和采集单元210和计算设备220。数据传输和采集单元210将RF数据传送到计算设备220。计算设备220可为个人计算机。计算设备220包括CPU 230、GPU 240和显示器290。CPU 230能够至少用作USB主机控制器232。GPU 240能够用作波束形成器250、包络检测单元260、复合单元270和图像后处理单元280。CPU 230控制USB主机控制器232以经由传输端口(例如,USB 3.0端口)从数据传输和采集单元210接收RF数据。当从CPU 230接收数据时,由GPU 240处理RF数据。由于CPU 230和GPU 240串行地处理RF数据,因此直到GPU 240完成处理RF数据,CPU 230无法将所接收的RF数据提供到GPU 240,并且GPU 240必须等待直到CPU 230完成RF数据的接收。因此,在CPU 230与GPU 240之间的串行程在CPU 230和/或GPU 240中造成了不必要的等待时间。

[0049] 图3示出了根据本公开的各方面的图像重构系统。

[0050] 图像重构系统300包括数据传输和采集单元310、计算设备320和显示器349。数据传输和采集单元310将数据传送到计算设备320。计算设备320可为个人计算机、平板电脑或智能设备(例如,智能电话)。计算设备320包括CPU 330、GPU 340和FIFO缓冲器350。CPU 330可至少包括USB主机控制器332以便控制数据传送端口(例如,图1的USB 3.0端口130)以从数据传输和采集单元310接收RF数据。当接收到RF数据时,CPU 330处理RF数据以形成RF帧。

[0051] FIFO缓冲器350与CPU 330和GPU 340耦接。当FIFO缓冲器350具有未占用的空间时,CPU 330将每个RF帧存储在FIFO缓冲器350中,并且然后接收RF帧。FIFO缓冲器350可包括多个存储块352、354、356、358等。本领域的技术人员可设想具有用于存储数据的数千个

存储块的任意大小的FIFO缓冲器。FIFO缓冲器350的一个存储块(例如,352)的大小可等于RF数据的一个RF帧的大小。因此,每个RF帧被存储在FIFO缓冲器350的一个存储块(例如,352)中。

[0052] GPU 340可包括波束形成器342、包络检测单元344、复合单元346和图像后处理单元348。当GPU 340从FIFO缓冲器350的一个存储块(例如,352)读取RF帧时,波束形成器342通过延迟并求和数字数据来处理RF帧,以生成聚焦在图像中特定位置处的单个信号。包络检测单元344检测由波束形成器342生成的信号的包络,从而去除载波信号。由于从包络检测单元344生成的图像包括散斑误差(例如,相干噪声),所述散斑误差因由图1的换能器110的所述多个换能器元件生成的超声波的反射的有益性和破坏性波干涉引起。

[0053] 复合单元346去除散斑误差。例如,复合单元346可通过平均化位于通过使用不同转向角度获得的多个图像的相同位置处的像素值来去除散斑误差。复合单元346可通过本领域普通技术人员容易获得的任何手段来执行散斑误差的去除。在复合处理之后,生成超声图像。

[0054] 图像后处理单元348可自动地或者由医疗专业人员或技术人员手动地执行对所生成的超声图像的增强以重构所生成的图像。然后,重构图像被显示在显示器349的屏幕上。

[0055] GPU 340可以以与CPU 330正接收RF数据的速率不同的速率处理来自FIFO缓冲器350的RF帧。因此,通过选择FIFO缓冲器350的存储块的最佳数量,可减少总处理时间。

[0056] L_FIFO 被定义为FIFO缓冲器350的存储块352、354、356、358等的数量并且可大于 $(t_2+t_3)/t_1$,其中 t_1 为CPU 330从数据传输和采集单元310接收一个RF帧的时间, t_2 为GPU 340对RF帧执行波束形成的时间,并且 t_3 为GPU 340对重构图像执行复合、后处理和显示的时间。

[0057] 图4A和图4B示出了根据本公开的各方面的CPU和GPU workflow 400,其中图4A是当 $L_FIFO < (t_2+t_3)/t_1$ 时的工作流,并且图4B是当 $L_FIFO > (t_2+t_3)/t_1$ 时的工作流。

[0058] 当 $L_FIFO < (t_2+t_3)/t_1$ 时,CPU接收工作流表示为410,并且GPU处理工作流表示为420,如图4A所示。当 $L_FIFO > (t_2+t_3)/t_1$ 时,CPU接收工作流表示为430,并且GPU处理工作流表示为440,如图4B所示。

[0059] 在本公开的一个实施方案中, t_1 为约3.33毫秒(ms), t_2 为约2ms, t_3 为约6ms,并且N为11,其中N为超声平面波的不同转向角度的数量。使用这些值, $(t_2+t_3)/t_1 = (2+6)/3.33 \approx 2.42$ 。

[0060] 重新参考图4A,当 L_FIFO 小于 $(t_2+t_3)/t_1$ 时,例如 L_FIFO 为2,CPU可将最多两个RF帧存储在FIFO缓冲器中。假设在GPU已完成读取先前的倒数第二个RF帧(在此示例中,为先前的第(N-1)个RF帧)之后,CPU开始以时间412(其为 t_1)存储当前的第一个RF帧,则可在存储了当前的第一个RF帧之后将当前的第二个RF帧以时间414(其也为 t_1)存储在第二存储块中,因为在完成存储当前的第一个RF帧之前已读取先前的第N个RF帧412。在完成以时间421(其为 t_2)读取先前的第N个RF帧之后,GPU以时间422(即 t_3)执行图像后处理。GPU以8ms完成其接收先前的第N个RF帧和图像后处理,该8ms是时间421和422或 t_2 和 t_3 的总和,而CPU以时间412和414的总和或6.66ms完成接收和存储当前的第一个RF帧和当前的第二个RF帧。因此,CPU无法以时间416(1.67ms)存储当前的第三个RF帧,因为GPU只能在时间421和422的总和或8ms之后读取当前的第一个RF帧。换句话讲,在CPU处浪费了时间416(1.67ms)。

[0061] 在将当前的第一个RF帧和当前的第二个RF帧存储在存储块中之后,CPU可在不浪费时间的前提下存储第 $(k-1)$ 个和第 k 个RF帧,因为GPU读取RF帧可以比CPU存储RF帧快。因此,CPU存储 N 个RF帧的总时间为 $t_2+t_3+(N-L_FIFO)*t_1$ 。例如,当 N 为11时,总时间为37.97ms。GPU处理 N 个RF帧的总时间为 $3*t_2+(N-4)*t_1+t_3$,其为35.31,小于CPU的总处理时间。

[0062] 重新参考图4B,当 L_FIFO 大于或等于 $(t_2+t_3)/t_1$ 时,例如 L_FIFO 为3,CPU可将最多三个RF帧的RF数据存储在FIFO缓冲器中。假设在GPU完成读取先前的倒数第二个RF帧(在此示例中,为先前的第 $(N-1)$ 个RF帧)之后,CPU开始以时间412(其为 t_1)存储当前的第一个RF帧,则可在存储了当前的第一个RF帧之后将当前的第二个RF帧和当前的第三个RF帧以时间414和416存储在第二存储块和第三存储块中,因为在完成存储当前的第一个RF帧之前已读取先前的第 N 个RF帧412。在完成以时间421读取先前的第 N 个RF帧之后,GPU以时间422执行图像后处理。GPU以8ms完成其接收先前的第 N 个RF帧和图像后处理。由于存在三个存储块,因此CPU以时间412、416和418的总和或9.99ms完成接收和存储当前的第一个RF帧到当前的第三个RF帧。由于GPU可在8ms之后读取第一个RF帧,因此CPU可在不浪费时间的前提下连续存储当前的第四个RF帧以及随后的RF帧。因此,在该示例下,在CPU处处理的总时间为 $N*t_1$ 。如果 N 为11,则总时间为36.63ms,这小于针对图4A中的情况所计算的总时间。

[0063] 因此,在图4B中,通过利用FIFO缓冲器的适当数量的存储块来使CPU接收和GPU处理并行化可减少在CPU处的总处理时间。因为 $t_1*N > t_2*N + t_3$,因此总时间等于在CPU处的总时间。因此,参考图3和图4B,可基于CPU和GPU分别对一个RF帧的接收和处理时间,通过使用FIFO缓冲器的适当数量的存储块来实现在CPU与GPU之间的总处理时间的最小化。因此,FIFO缓冲器的优化数量的存储块允许较快的帧率。在具有适当数量的存储块的情况下,FIFO缓冲器可连续用于在CPU处接收RF帧,并且GPU在不延迟一个RF帧的总处理时间的情况下读取和处理RF数据。

[0064] 在一个方面,如果 L_FIFO 设置为大于或等于 $(t_2+t_3)/t_1$ 的最小值,则可在不浪费不需要的存储空间的情况下有效地使用存储器。这样,FIFO缓冲器的所述多个存储块中的每一者都基于CPU和GPU对一个RF帧的处理时间被最佳利用。

[0065] 图5示出了根据本公开的各方面的框图500,该框图示出了具有时间延迟的波束形成。如上文关于图1换能器110的换能器元件所述,换能器元件在生成超声波形时使用时间延迟。同样,波束形成使用时间延迟。例如,如果第一换能器通过延迟时间周期生成超声波形,则波束形成也为RF数据延迟与第一换能器元件生成的超声波形对应的相同时间周期。

[0066] 例如,图5示出了 M 条扫描线,意味着RF帧由 M 个换能器元件生成。例如,输入RF数据510, $y_k(t)$,可从第 $(k+1)$ -个换能器元件获得,由滤波器520滤波,并且暂时延迟周期 Δ_k ,该周期对应于第 $(k+1)$ 个换能器元件的时间延迟,其中 $k=0,1,2,\dots,M-1$ 。所有延迟的RF数据635, w_k ,然后被求和以输出输出数据550, $z(t)$,该输出数据是超声图像中像素的像素值。

[0067] 为了减少用于计算来自所述多个换能器元件的RF数据中的对应位置的时间,在波束形成之前计算 N_Steer 映射表,并将其存储在2-D纹理存储器中的映射表中。 N_Steer 是当超声探头传输平面波时的转向角度的数量,且每个映射表的大小为 $N*W_RF$,其中 W_RF 是RF数据中的线的数量,并且 N 是重构图像中像素的数量。因此,重构图像中的每个像素通过经由求和器540将RF数据的 W_RF 点相加到一起生成和计算。

[0068] 在一个实施方案中,传输电路可被配置为操作换能器阵列110使得所发射的声能像平面波那样被导向或转向。例如,处理电路可施加相应的时间延迟530(图5)以生成施加到相应的换能器元件的时间偏移脉冲波形。这些时间偏移导致相应的换能器元件的不同激活时间,使得换能器阵列110发射的声能的波形在相对于换能器阵列110的表面的特定方向上被有效地转向或导向。

[0069] 因此,通过调节与激励相应的换能器元件的脉冲波形相关联的时间延迟530,超声平面波可朝或远离与换能器阵列110的表面相关联的轴线导向指定角度(θ)并且聚焦在患者组织内的固定范围处。在此类具体实施中,可通过渐进地改变连续激发的时间延迟执行扇区扫描。因此,转向角度 θ 被递增地改变,以在一系列转向方向上使所传输的平面波转向。

[0070] 通过声能的每次突发产生的回波信号被位于沿超声平面波的连续范围处的结构或结构界面或靶组织反射。回波信号由每个换能器元件独立感测,并且在特定时间点处的回波信号幅值的样本表示在特定范围处发生的反射量。

[0071] 波束形成器342可由可编程逻辑设备来实现。可编程逻辑设备对所接收的信号进行滤波、内插、解调、分相、施加变迹、延迟和/或求和,这些是波束形成器342的功能。可编程逻辑设备对传输波形的延迟和特性数字控制,并从存储器生成传输波形,这些是传输波形的功能。可编程逻辑设备还可在波形之间实现相对延迟以及实现滤波、内插、调制、分相和施加变迹。可编程逻辑设备控制波束形成器342来执行用于处理与此类多元件电扫描阵列相关联的多个信号的功能。

[0072] 图6示出了根据本公开的各方面的延迟求和操作中的数据层并行化600。

[0073] 为了重构具有N个像素的图像,创建M·N个CUDA线程并且将M个线程分配到每个像素,其中M针对每个成像应用根据经验优化。分配到相邻像素的线程共同分组在同一线程块中,以通过利用存储在2-D纹理存储器中的原始数据样本的空间位置来最大化存储器访问效率。CUDA[®]是由NVIDIA[®]发明的并行计算平台和编程模型。它通过利用GPU的功率,使计算性能能够显著增加。

[0074] 在先前的方法中,浪费了大量时间来填充延迟表以及在表中查找与重构图像中的像素对应的点。在本公开中,在执行波束形成之前,填充延迟表并将其存储在GPU中,使得GPU可在表中执行查找以查找3-D纹理存储器中的相关位置并将它们相加在一起,如图7所示。这种GPU重构方法比先前的方法快,因为在预存储的表中执行查找比在每次波束形成之前填充/重新填充延迟表快。在一个实施方案中,本公开的超声系统仅需要填充N_Steer延迟表(每个转向角度一个表)并将它们存储在FIFO缓冲器中。因此,当执行波束形成时,本公开的实施方案仅需要在表中执行查找并且不需要重新填充该表。

[0075] 本公开的优点还包括添加FIFO缓冲器以确保CPU接收的RF数据与用GPU的图像重构被并行执行。当FIFO缓冲器未充满时,CPU连续接收数字RF数据并将其存储在FIFO缓冲器的存储块中。GPU在当存储块不为空时从FIFO缓冲器的存储块读取RF数据,并执行波束形成、复合、后处理和显示。FIFO缓冲器的一个存储块的大小与一个RF帧的大小相同。因此,每个RF帧存储在FIFO缓冲器的一个存储块中,并且GPU仅需要读取FIFO缓冲器的一个存储块以获取RF帧,并且然后执行波束形成处理。为了减少总体处理时间,L_FIFO可大于或等于 $(t_2+t_3)/t_1$ 。

[0076] 所公开的实施方案设想有许多换能器阵列系统。本说明书的大部分集中于诊断医

疗超声系统的描述,然而,所公开的实施方案并不限于此。本说明书仅出于清楚和简洁的目的而集中于诊断医疗超声系统。应当理解,所公开的实施方案适用于多种其他类型的方法和系统。

[0077] 在换能器阵列系统中,换能器阵列用于将信号从一种格式转换为另一种格式。例如,利用超声成像,换能器将超声波转换为电信号,而雷达系统将电磁波转换为电信号。虽然所公开的实施方案是参考超声系统来描述的,但应当理解,实施方案设想了许多其他系统的应用。此类系统包括但不限于雷达系统、光学系统和可听声接收系统。

[0078] 此外,如本文所用的“代码”或如本文所用的“程序”可为任意多个二进制值或可被计算机或执行设备用来执行任务的任意可执行的、解译的或编译的代码。这种代码或程序可以若干种已知计算机语言中的任一种来编写。如本文所用的“计算机”可意指存储、处理、路由、操作数据或对数据执行类似操作的任何设备。可将“计算机”结合在一个或多个超声成像设备或一个或多个电子设备或服务器内,以操作一个或多个处理器来运行超声成像设备。因此,应当理解,本公开不限于所示出的特定形式,并且所附的权利要求书旨在涵盖不脱离本文所述的实施方案的实质和范围的所有替代形式、修改形式和变型形式。

[0079] 设备、包含此类设备的系统以及其使用方法的具体实施方案如本文所述。然而,这些具体实施方案仅仅是本公开的示例,其可能以多种形式体现。因此,本文所公开的特定的结构和功能细节不应理解为限制性的,而仅仅是权力要求书的基础,并作为具有代表性的基础用于允许本领域技术人员以合适的结构多样化地采用本公开。

[0080] 应当理解,如本文所用的术语“电路”可描述被配置为或设计成提供所描述的功能的硬件、软件、固件或这些的某个组合,所述功能诸如为传输波束形成、接收波束形成和/或扫描转换。

[0081] 术语“延迟”旨在广义地涵盖一个信号相对于另一个的延迟和超前。

[0082] 术语“模块”可以至少是指与其他部件和/或可用作系统中的部件的独立和独特的硬件或软件单元一起使用的自包含部件(单元或项),所述系统诸如为包括具有多个换能器元件的换能器阵列的超声系统。术语“模块”还可以至少是指电子部件和电路的自包含组件,诸如计算机中的作为单元来安装的级段。术语“模块”可以与术语“单元”互换地使用。

[0083] 术语“存储”可以至少是指数据存储。“数据存储”可以至少是指在借助或不借助任何其他制品或设备的情况下从其能够重现信息的任何制品或材料(例如,硬盘)。“数据存储”可以至少是指以电磁形式保持数据以供计算机处理器访问。主存储是随机存取存储器(RAM)和其他“内置”设备中的数据。辅助存储是硬盘、磁带和其他外部设备上的数据。“数据存储”还可以至少是指数字数据直到被有目的地擦除的永久保持位置。“存储”是指在没有电力的情况下保留其内容的存储库。“存储”主要意指磁盘、磁带和光盘(CD、DVD等)。“存储”也可以是指非易失性存储器芯片,诸如闪存、只读存储器(ROM)和/或电可擦可编程只读存储器(EEPROM)。

[0084] 术语“处理”可以至少是指确定一个或多个超声成像设备的用于计算处理的元件或必要特征或功能或处理。术语“处理”还可以是指基于以自动方式和/或有选择的方式和/或手动方式(连续地、周期性地或间歇性地)实时跟踪数据和/或收集数据和/或操作数据和/或检查数据和/或更新数据。

[0085] 尽管在附图中已经示出了本公开的若干实施方案,但是本公开不旨在限于此,因

为本公开旨在与本领域所允许的范围那样宽泛,并且旨在同样宽泛地阅读说明书。因此,以上说明不应理解为限制性的,而是仅作为具体实施方案的例示。本领域的技术人员能够设想在本文所附权利要求书的范围和实质内的其他修改。

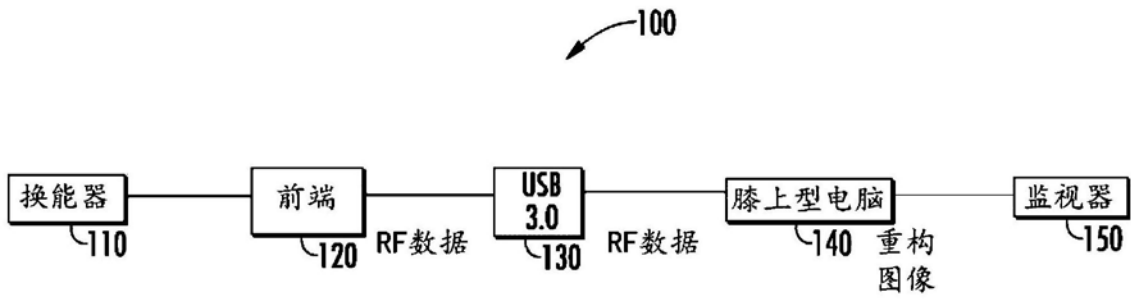
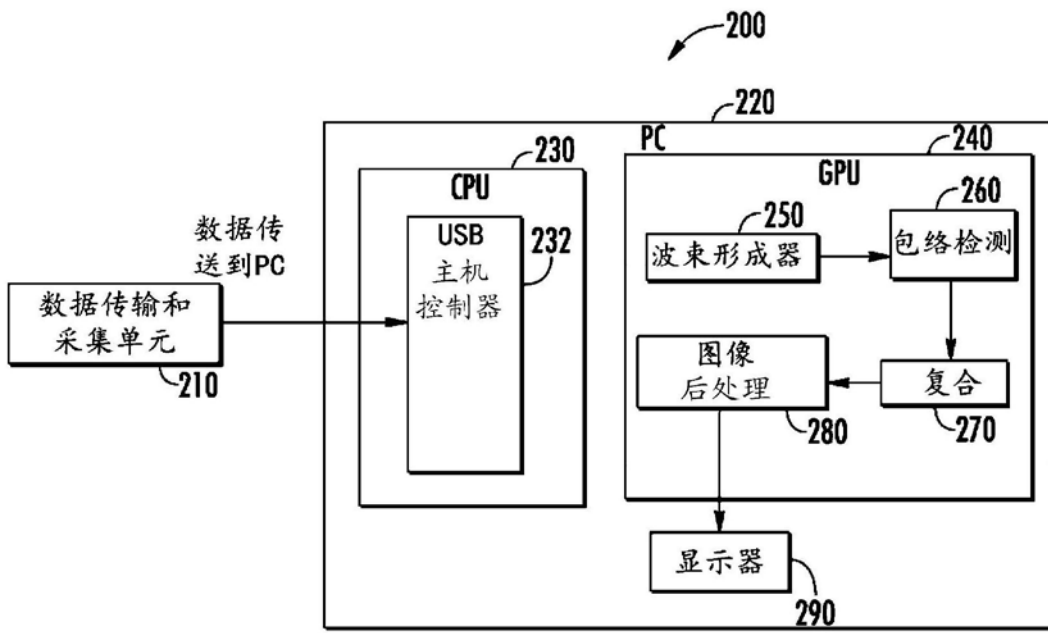


图1



现有技术

图2

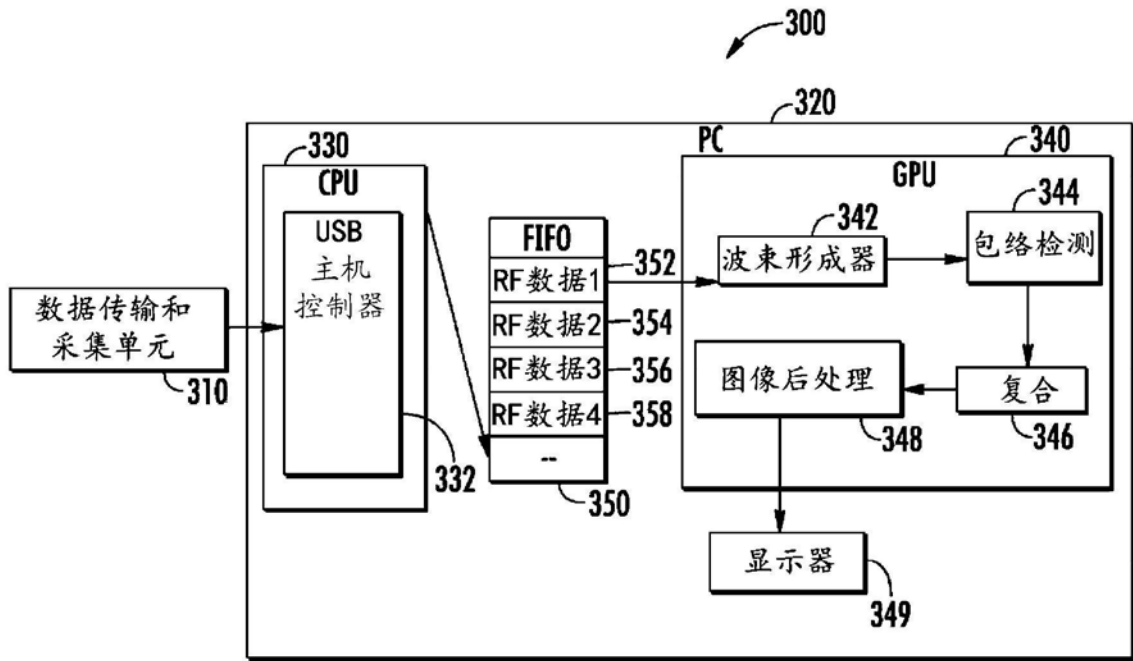


图3

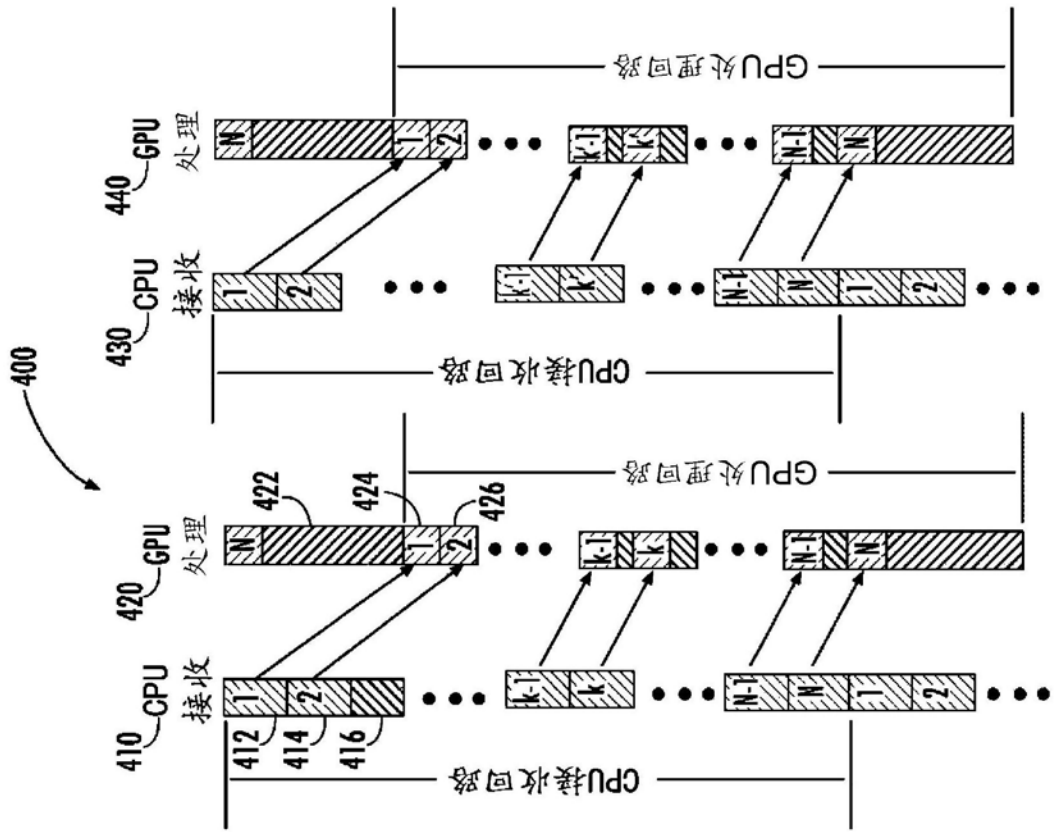
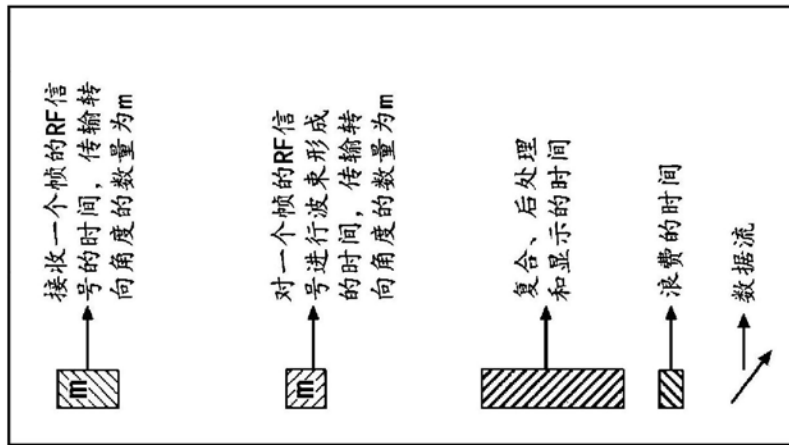


图4B

图4A



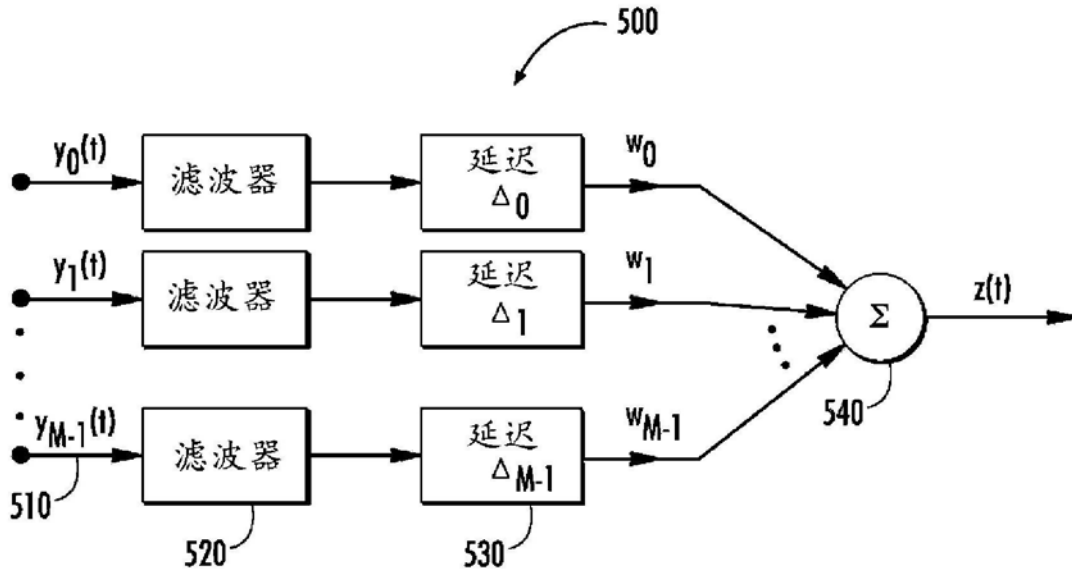


图5

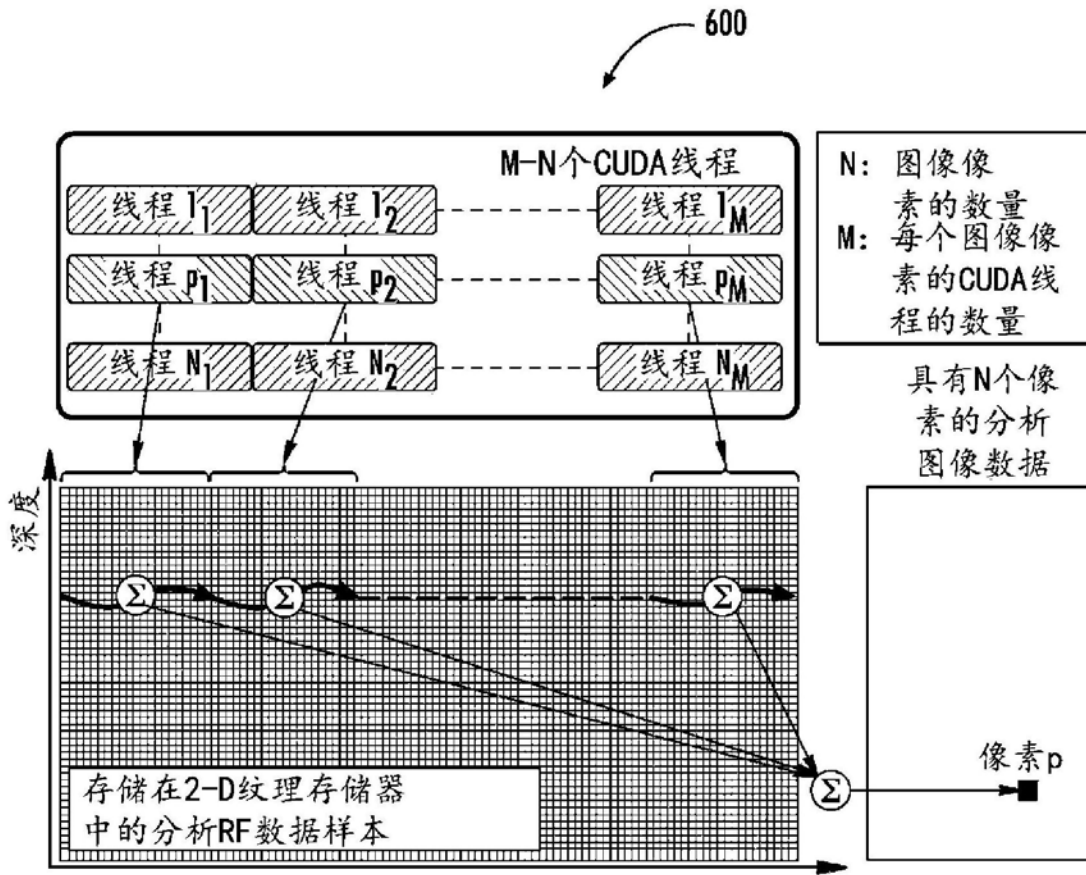


图6

专利名称(译)	用于超声成像设备的CPU和GPU处理并行化的系统和方法		
公开(公告)号	CN109788941A	公开(公告)日	2019-05-21
申请号	CN201680089675.5	申请日	2016-09-28
[标]申请(专利权)人(译)	柯惠有限合伙公司		
申请(专利权)人(译)	柯惠有限合伙公司		
当前申请(专利权)人(译)	柯惠有限合伙公司		
[标]发明人	甘小方 谭伟		
发明人	甘小方 谭伟		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/4483 A61B8/4488 A61B8/54 G06T1/60 G06T11/00 A61B8/145 A61B8/461 G06T1/20 G06T11/003		
代理人(译)	高文静		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种超声成像系统，所述超声成像系统包括换能器阵列、超声前端和处理装置。所述换能器阵列具有多个换能器元件，所述多个换能器元件中的每一者被配置为将声能传输到感兴趣的区域并接收反射的声能。所述超声前端对所述反射的声能数字采样以生成射频(RF)数据。所述处理装置包括中央处理单元(CPU)、先进先出(FIFO)缓冲器和图形处理单元(GPU)。所述CPU接收包括RF帧的所述RF数据，并且所述FIFO缓冲器包括用于存储所述RF帧的多个存储块，其中每个存储块的大小等于单个RF帧的大小。所述GPU从所述FIFO缓冲器的所述多个存储块读取所述RF帧并重构图像。

