



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110179495 A  
(43)申请公布日 2019.08.30

(21)申请号 201910328878.0

(22)申请日 2019.04.23

(71)申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72)发明人 尉迟明 丁明跃 周权 王珊珊  
宋俊杰 孙夏 刘朝晖 张求德

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心  
42201

代理人 许恒恒 李智

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

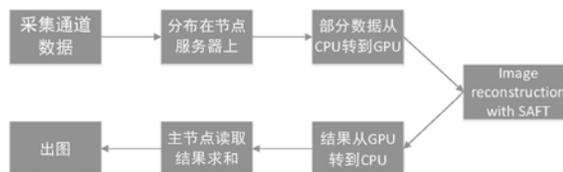
权利要求书3页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法及系统

(57)摘要

本发明属于超声成像大数据量处理领域,公开了一种基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法及系统,其中方法包括:准备步骤:设置包括X个分布式节点服务器的分布式系统,探头上的阵元对应到相应的节点服务器,并且每个节点服务器上所对应的阵元数量是均等的;数据采集及存储步骤:待所有信号采集完成后,首先是对接收到的信号进行滤波预处理步骤,然后开始图像的重建;图像的重建包括各节点独立重建步骤和主节点服务器整合步骤。本发明由于采用分布式集群系统方案,利用多节点服务器,对超声断层成像系统接收阵元采集到的超声波信号基于合成孔径聚焦技术SAFT原理进行处理,可以解决超声断层成像系统数据量大、图像重建时间长等问题。



1. 一种基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

准备步骤:根据超声断层成像系统所采用的环形探头,设置包括X个分布式节点服务器的分布式系统,其中,记探头的阵元总数为Y,则X为Y的约数,探头上的阵元所采集到信号对应到相应的节点服务器处理,并且每个节点服务器上所对应的阵元数量是均等的;每个节点服务器均包含有相同配置的CPU和GPU,其中的一个节点服务器被选定为主节点服务器;

数据采集及存储步骤:所述探头按发射阵元顺序依次发射超声信号,该探头中预先指定的接收阵元采集反射回的超声回波信号,每个接收阵元采集到的超声波回波信号被传送至相对应的所述节点服务器存储;待所有信号采集完成后,首先是对接收到的信号进行滤波预处理步骤,然后开始图像的重建;图像的重建包括各节点独立重建步骤和主节点服务器整合步骤;其中:

滤波预处理步骤:每个所述节点服务器中的CPU读取该节点服务器所收集并存储的超声波回波信号,并将这些超声波回波信号写入到GPU内存中,接着进行滤波处理,得到滤波处理后的超声回波数据;

各节点独立重建步骤:对于每一次发射事件,各节点服务器中的CPU和GPU基于合成孔径聚焦技术SAFT原理对所述滤波预处理得到的超声回波数据进行处理,计算得到成像区域中每个成像点的数据值,由此得到一次发射事件成像区域中的计算数据;其中,每一次发射事件是指一个发射阵元发射超声波,相应接收阵元接收回波数据,对于每一次发射事件选择预先指定的成像区域进行重建;发射阵元的数量决定发射事件的个数,如此针对全部多个发射事件,任意一个节点服务器将每一次发射事件成像区域中针对同一成像点的重建数据进行计算统计并存储,即可得到该节点服务器针对全部多个发射事件的重建数据;

主节点服务器整合步骤:将各节点服务器独立处理得到的针对全部多个发射事件的重建数据传送至主节点服务器中,将来自各个节点服务器经独立重建步骤得到的重建数据中涉及成像区域中同一个成像点的数据进行第二次求和并取平均值,得到整合后的图像数据,即可实现对超声断层成像计算的优化。

2. 如权利要求1所述基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法,其特征在于,在所述各节点独立重建步骤中,首先将环形探头上的阵元坐标提前计算并存储在所述GPU的内存中;

然后,依据所述超声断层成像系统所采用的探头中发射阵元的位置,将圆形的成像区域预先按三角形规则进行划分,使每个发射阵元对应一个由该发射阵元为顶点、且顶点角度为 $\theta$ 的、边长经过成像区域圆心的等腰三角形;其中, $\theta$ 的取值预先设置;

并且,对于成像区域中每个成像点的位置坐标,会通过所述节点服务器提前计算出该节点服务器上所对应每个所述发射阵元三角形成像区域范围内成像点的位置坐标,并将这些位置坐标存储在所述各节点服务器GPU全局内存中;

此外,该成像区域也与 $N \times N$ 的矩阵相映射, $N \times N$ 即对应于图像的分辨率大小,该矩阵被存储在所述GPU全局内存中;

如此,所述基于合成孔径聚焦技术SAFT原理计算得到所述成像区域中每个成像点的数据值,将直接存储在所述GPU全局内存中。

3. 如权利要求1所述基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法,其特征在于,在预

处理计算步骤中,所述滤波处理具体是对超声波回波信号在时域做卷积运算,或者是将时间域下的卷积运算转换到频率下的傅里叶计算;

所述GPU的内存中提前逆置存放有滤波参数,这些滤波参数用于与待滤波处理的超声波回波信号相乘后叠加,即可完成滤波处理,得到所述滤波处理后的超声回波数据。

4.如权利要求1所述基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法,其特征在于,在所述主节点服务器整合步骤中,由于所述主节点服务器为X个分布式节点服务器中预先选定的一个,该主节点服务器与其他节点服务器之间是基于NFS协议,各个节点服务器间的数据相互共享。

5.如权利要求1-4任意一项所述基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法,其特征在于,在各节点独立重建步骤中,针对全部多个发射事件,每一个节点服务器的处理是选择将多个发射事件合并处理,使得GPU的计算效率最大化;

并且,针对全部多个发射事件,任意一个节点服务器将每一次发射事件成像区域中针对同一成像点的重建数据进行计算统计,所述计算统计具体是计算同一成像点的数据值并计算该成像点出现的次数,其中,所述成像点出现的次数即该成像点相应使用接收阵元个数。

6.如权利要求1-5任意一项所述基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法,其特征在于,所述基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法还包括:

灰度显示步骤:对所述整合后的图像数据进行对数压缩、灰度映射、并最终显示得到超声图像。

7.一种基于分布式系统的超声断层成像计算优化系统,其特征在于,包括X个分布式节点服务器,该系统作为数据计算处理系统用于与超声断层成像系统配合使用,所述超声断层成像系统采用环形探头,记探头的阵元总数为Y,则X为Y的约数,探头上的阵元所采集到信号对应到相应的节点服务器处理,并且每个节点服务器上所对应的阵元数量是均等的;每个节点服务点均包含有相同配置的CPU和GPU,其中的一个节点服务器被选定为主节点服务器;

从功能上划分,由所述X个分布式节点服务器构成的系统包括:

数据采集及存储模块:用于所述探头按发射阵元顺序依次发射超声信号,该探头中预先指定的接收阵元采集反射回的超声回波信号,每个接收阵元采集到的超声波回波信号被传送至相对应的所述节点服务器存储;

滤波预处理模块:用于利用每个所述节点服务器中的CPU读取该节点服务器所收集并存储的超声波回波信号,并将这些超声波回波信号写入到GPU内存中,进行滤波处理,得到滤波处理后的超声回波数据;

各节点独立重建模块:用于对于每一次发射事件,各节点服务器中的CPU和GPU基于合成孔径聚焦技术SAFT原理对所述滤波处理后的超声回波数据进行处理,计算得到成像区域中每个成像点的数据值,由此得到一次发射事件成像区域中的计算数据;其中,每一次发射事件是指一个发射阵元发射超声波,相应接收阵元接收回波数据,对于每一次发射事件选择预先指定的成像区域进行重建;发射阵元的数量决定发射事件的个数,如此针对全部多个发射事件,任意一个节点服务器将每一次发射事件成像区域中针对同一成像点的重建数据进行计算统计并存储,即可得到该节点服务器针对全部多个发射事件的重建数据;

主节点服务器整合模块,用于将各节点服务器独立处理得到的针对全部多个发射事件的重建数据传送至主节点服务器中,将来自各个节点服务器经独立重建步骤得到的重建数据中涉及成像区域中同一个成像点的数据进行第二次求和并取平均值,得到整合后的图像数据,即可实现对超声断层成像计算的优化。

8.如权利要求7所述基于分布式系统的超声断层成像计算优化系统,其特征在于,在所述各节点独立重建模块中,是将环形探头上的阵元坐标提前计算并存储在所述GPU的内存中,依据所述超声断层成像系统所采用的探头中发射阵元的位置,将圆形的成像区域预先按三角形规则进行划分,使每个发射阵元对应一个由该发射阵元为顶点、且顶点角度为 $\theta$ 的、边长经过成像区域圆心的等腰三角形;其中, $\theta$ 的取值预先设置;

并且,对于成像区域中每个成像点的位置坐标,会通过所述节点服务器提前计算出该节点服务器上所对应每个所述发射阵元三角形成像区域范围内成像点的位置坐标,并将这些位置坐标存储在所述各节点服务器GPU全局内存中;

此外,该成像区域也与 $N \times N$ 的矩阵相映射, $N \times N$ 即对应于图像的分辨率大小,该矩阵被存储在所述GPU全局内存中;

如此,所述基于合成孔径聚焦技术SAFT原理计算得到所述成像区域中每个成像点的数据值,将直接存储在所述GPU全局内存中。

## 基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于超声成像大数据量处理技术领域,更具体地,涉及一种基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法及系统,可有效处理并提高超声断层成像系统大数据量计算的问题。

### 背景技术

[0002] 超声断层成像系统是指在不损伤研究物体内部结构的基础上,通过超声设备测量物体在超声波的照射下投影数据,利用这些数据可以重建出二维或者三维的超声图像。超声检测具有指向性好、价格低廉、对人体无害、设备便于携带等优点,因此,用超声波作为发射源的检测技术取代射线来照射对象,已逐渐成为超声应用领域的研究者们追求的新目标之一。

[0003] 超声成像的主要缺点是超声图像的分辨率低、对比度差。超声断层成像系统采用环阵探头,与线阵探头相比,它能够提供360度回波数据,对这些数据进行处理,可以进一步提高图像的分辨率,改善成像质量,有助于医生临床上对疾病的诊断和治疗,但正因为超声环形探头接收的数据量大,为了保证传输数据不丢失,以及短小时内处理大量的数据,使之成为行业里一大难点。超声断层成像有两种方式,反射式成像和透射式成像,根据不同的成像方式选择对应的回波数据进行重建。

[0004] 目前国外主要医学影像企业的高端超声产品上均已实现超声断层的合成孔径成像方法,但国内尚无掌握此项技术的超声企业和研究单位。主要原因是该技术的几个难点在国内尚未被攻克:环阵探头的阵元数分布密集,通道数多,数据量大;传输困难,短时间内处理困难。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明的目的在于提供一种基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法及系统,由于采用分布式集群系统方案,利用多节点服务器,对超声断层成像系统接收阵元采集到的超声波信号基于合成孔径聚焦技术SAFT原理进行处理,可以解决超声断层成像系统数据量大、图像重建时间长等问题。

[0006] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

[0007] 准备步骤:根据超声断层成像系统所采用的环形探头,设置包括X个分布式节点服务器的分布式系统,其中,记探头的阵元总数为Y,则X为Y的约数,探头上的阵元所采集到信号对应到相应的节点服务器处理,并且每个节点服务器上所对应的阵元数量是均等的;每个节点服务点均包含有相同配置的CPU和GPU,其中的一个节点服务器被选定为主节点服务器;

[0008] 数据采集及存储步骤:所述探头按发射阵元顺序依次发射超声信号,该探头中预先指定的接收阵元采集反射回的超声回波信号,每个接收阵元采集到的超声波回波信号被

传送至相对应的所述节点服务器存储;待所有信号采集完成后,首先是对接收到的信号进行滤波预处理步骤,然后开始图像的重建;图像的重建包括各节点独立重建步骤和主节点服务器整合步骤;其中:

[0009] 滤波预处理步骤:每个所述节点服务器中的CPU读取该节点服务器所收集并存储的超声波回波信号,并将这些超声波回波信号写入到GPU内存中,接着进行滤波处理,得到滤波处理后的超声回波数据;

[0010] 各节点独立重建步骤:对于每一次发射事件,各节点服务器中的CPU和GPU基于合成孔径聚焦技术SAFT原理对所述滤波预处理得到的超声回波数据进行处理,计算得到成像区域中每个成像点的数据值,由此得到一次发射事件成像区域中的计算数据;其中,每一次发射事件是指一个发射阵元发射超声波,相应接收阵元接收回波数据,对于每一次发射事件选择预先指定的成像区域进行重建;发射阵元的数量决定发射事件的个数,如此针对全部多个发射事件,任意一个节点服务器将每一次发射事件成像区域中针对同一成像点的重建数据进行计算统计并存储,即可得到该节点服务器针对全部多个发射事件的重建数据;

[0011] 主节点服务器整合步骤:将各节点服务器独立处理得到的针对全部多个发射事件的重建数据传送至主节点服务器中,将来自各个节点服务器经独立重建步骤得到的重建数据中涉及成像区域中同一个成像点的数据进行第二次求和并取平均值,得到整合后的图像数据,即可实现对超声断层成像计算的优化。

[0012] 作为本发明的进一步优选,在所述各节点独立重建步骤中,首先将环形探头上的阵元坐标提前计算并存储在所述GPU的内存中;

[0013] 然后,依据所述超声断层成像系统所采用的探头中发射阵元的位置,将圆形的成像区域预先按三角形规则进行划分,使每个发射阵元对应一个由该发射阵元为顶点、且顶点角度为 $\theta$ 的、边长经过成像区域圆心的等腰三角形;其中, $\theta$ 的取值预先设置;

[0014] 并且,对于成像区域中每个成像点的位置坐标,会通过所述节点服务器提前计算出该节点服务器上所对应每个所述发射阵元三角形成像区域范围内成像点的位置坐标,并将这些位置坐标存储在所述各节点服务器GPU全局内存中;

[0015] 此外,该成像区域也与 $N \times N$ 的矩阵相映射, $N \times N$ 即对应于图像的分辨率大小,该矩阵被存储在所述GPU全局内存中;

[0016] 如此,所述基于合成孔径聚焦技术SAFT原理计算得到所述成像区域中每个成像点的数据值,将直接存储在所述GPU全局内存中。

[0017] 作为本发明的进一步优选,在预处理计算步骤中,所述滤波处理具体是对超声波回波信号在时域做卷积运算,或者是将时间域下的卷积运算转换到频率下的傅里叶计算;

[0018] 所述GPU的内存中提前逆置存放有滤波参数,这些滤波参数用于与待滤波处理的超声波回波信号相乘后叠加,即可完成滤波处理,得到所述滤波处理后的超声回波数据。

[0019] 作为本发明的进一步优选,在所述主节点服务器整合步骤中,由于所述主节点服务器为 $X$ 个分布式节点服务器中预先选定的一个,该主节点服务器与其他节点服务器之间是基于NFS协议,各个节点服务器间的数据相互共享。

[0020] 作为本发明的进一步优选,在各节点独立重建步骤中,针对全部多个发射事件,每一个节点服务器的处理是选择将多个发射事件合并处理,使得GPU的计算效率最大化;

[0021] 并且,针对全部多个发射事件,任意一个节点服务器将每一次发射事件成像区域

中针对同一成像点的重建数据进行计算统计,所述计算统计具体是计算同一成像点的数据值并计算该成像点出现的次数,其中,所述成像点出现的次数即该成像点相应使用接收阵元个数。

[0022] 作为本发明的进一步优选,所述基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法还包括:

[0023] 灰度显示步骤:对所述整合后的图像数据进行对数压缩、灰度映射、并最终显示得到超声图像。

[0024] 按照本发明的另一方面,本发明提供了一种基于分布式系统的超声断层成像计算优化系统,其特征在于,包括X个分布式节点服务器,该系统作为数据计算处理系统用于与超声断层成像系统配合使用,所述超声断层成像系统采用环形探头,记探头的阵元总数为Y,则X为Y的约数,探头上的阵元所采集到的超声回波信号对应到相应的节点服务器进行处理,并且每个节点服务器上所对应的阵元数量是均等的;每个节点服务点均包含有相同配置的CPU和GPU,其中的一个节点服务器被选定为主节点服务器;

[0025] 从功能上划分,由所述X个分布式节点服务器构成的系统包括:

[0026] 数据采集及存储模块:用于所述探头按发射阵元顺序依次发射超声信号,该探头中预先指定的接收阵元采集反射回的超声回波信号,每个接收阵元采集到的超声波回波信号被传送至相对应的所述节点服务器存储;

[0027] 滤波预处理模块:用于利用每个所述节点服务器中的CPU读取该节点服务器所收集并存储的超声波回波信号,并将这些超声波回波信号写入到GPU内存中,进行滤波处理,得到滤波处理后的超声回波数据;

[0028] 各节点独立重建模块:用于对于每一次发射事件,各节点服务器中的CPU和GPU基于合成孔径聚焦技术SAFT原理对所述滤波处理后的超声回波数据进行处理,计算得到成像区域中每个成像点的数据值,由此得到一次发射事件成像区域中的计算数据;其中,每一次发射事件是指一个发射阵元发射超声波,相应接收阵元接收回波数据,对于每一次发射事件选择预先指定的成像区域进行重建;发射阵元的数量决定发射事件的个数,如此针对全部多个发射事件,任意一个节点服务器将每一次发射事件成像区域中针对同一成像点的重建数据进行计算统计并存储,即可得到该节点服务器针对全部多个发射事件的重建数据;

[0029] 主节点服务器整合模块,用于将各节点服务器独立处理得到的针对全部多个发射事件的重建数据传送至主节点服务器中,将来自各个节点服务器经独立重建步骤得到的重建数据中涉及成像区域中同一个成像点的数据进行第二次求和并取平均值,得到整合后的图像数据,即可实现对超声断层成像计算的优化。

[0030] 作为本发明的进一步优选,在所述各节点独立重建模块中,是将环形探头上的阵元坐标提前计算并存储在所述GPU的内存中,依据所述超声断层成像系统所采用的探头中发射阵元的位置,将圆形的成像区域预先按三角形规则进行划分,使每个发射阵元对应一个由该发射阵元为顶点、且顶点角度为 $\theta$ 的、边长经过成像区域圆心的等腰三角形;其中, $\theta$ 的取值预先设置;

[0031] 并且,对于成像区域中每个成像点的位置坐标,会通过所述节点服务器提前计算出该节点服务器上所对应每个所述发射阵元三角形成像区域范围内成像点的位置坐标,并将这些位置坐标存储在所述各节点服务器GPU全局内存中;

[0032] 此外,该成像区域也与 $N \times N$ 的矩阵相映射, $N \times N$ 即对应于图像的分辨率大小,该矩阵被存储在所述GPU全局内存中;

[0033] 如此,所述基于合成孔径聚焦技术SAFT原理计算得到所述成像区域中每个成像点的数据值,将直接存储在所述GPU全局内存中。

[0034] 通过本发明所构思的以上技术方案,与现有技术相比,由于采用分布式集群系统方案,可以解决超声断层成像系统数据量大、图像重建时间长等问题,能够实现对超声断层成像计算的优化,时间上将大幅缩短。

[0035] 超声断层成像系统采用环形探头时,采集一次就会产生大量的原始数据,为了提高图像的分辨率,会改变发射阵元序号,进行多次采集,由于使用接收阵元数量居多,这样会产生高达几十GB的数据。

[0036] 大量的数据需要从硬件后端通过交换机传输到网卡再预处理后最后进行图像重建,重建采用的是SAFT (Synthetic Apertur Focusing Technique合成孔径聚焦技术)的方法,该方法相当于对接收到的回波信号进行聚焦。首先对成像区域划分,计算每个发射阵元对该成像点产生的影响,即对于每个发射阵元发出的信号来说,接收阵元在该点处的回波数据。将所用的数据进行对齐叠加后,即可得到该点数据值。在对发射阵元所对应的区域进行计算完成后,可以得到 $N \times N$  (图像分辨率大小)的一维数组数据(即,存储时按照一维数组数据存储,最终作为图像输出时是按 $N$ 行 $N$ 列分布),对数据进行对数压缩,灰度映射,得到重建的图像。为了提高图像分辨率,采用更换发射阵元序列号,再次采集数据,使所有阵元依次发射一次,将再次采集的数据进行与前面相同的处理,与前一次相比,成像区域发生偏移,计算完成后,又可以得到 $N \times N$ 的一维数组。如果有 $L$ 个发射阵元依次发射,则可以得到 $L \times N \times N$ 的一维数组数据。这样下来计算量就会进一步增加。

[0037] 本发明针对这一问题提出了分布式集群系统来解决传输困难、计算量庞大的问题,并能快速重建图像。在此方案中使用了 $X$ 个节点的计算服务器。每一个节点的服务器则对应相应环形超声换能器的探头的指定阵元,接收阵元采集到的超声反射回波数据,并对接收的数据在相对应的节点服务器上进行处理计算,待数据预处理完成后,再对节点上的数据通过并行计算整合,最后进行对数压缩,灰度映射。则可得到一幅完整的图像。

[0038] 在本发明中优化方法的各节点独立重建步骤中,对于每一次发射事件选择合理的成像区域进行重建,优选依据超声断层成像系统所采用的环形探头中发射阵元的位置,将圆形的成像区域按预先设置的三角形规则进行划分,使每个发射阵元对应一个由该发射阵元为顶点、且顶点角度为 $\theta$ 的、边长经过圆心的等腰三角形( $\theta$ 可根据探头尺寸和成像深度预先设定)的成像区域,通过对成像区域进行优选的选择,能够进一步实现对超声断层成像计算的优化。

## 附图说明

[0039] 图1是超声断层成像系统环形探头示意图。

[0040] 图2是单个阵元成像区域示意图。

[0041] 图3是数据处理流程示意图。

[0042] 图4是本发明中基于分布式系统的超声断层成像计算优化系统与超声断层成像系统配合使用时一种可行的硬件装置结构整体示意图。

## 具体实施方式

[0043] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0044] 本发明基于分布式系统超声断层成像数据计算优化,是将探头上预先指定阵元接收到的数据传送到相应的节点服务器,这样可以避免单台服务器抓取大量数据包丢包的问题。预先指定的接收阵元,是指按预先设定的指定方式(如指定所有接收阵元的方式,或随意指定若干个接收阵元的方式等)对应的接收阵元;这样,对于每一次发射,探头中对应接收阵元将采集反射回的超声波信号。在抓包完整的情况下,每个节点服务器的计算数据量相同且相互独立,分别进行对应接收阵元接收到的超声回波信号数据滤波,计算,最后将各节点计算数据进行整合,对数压缩,灰度映射,显示。整个计算运行过程是由GPU与CPU之间相互协作完成。

[0045] 超声发射及数据采集部分发射阵元是选取沿环形发射的方式,发射阵元按顺序依次发射信号,对于每一次发射指定的阵元接收反射回的超声回波信号。如果节点数为 $X$ ,探头阵元数为 $Y$ ,则每个节点接收等量阵元数 $Y/X$ 个超声回波信号数据(其中, $Y$ 是 $X$ 的整数倍数,这样一个阵元的数据将集中到同一个节点上;并且, $X$ 节点同时接收数据,并且最后每个节点收到的数据大小一致),一层采集面的数据均匀分布在 $X$ 个节点上,每个节点相互之间计算独立,对于每个发射阵元来说,成像区域为由发射阵元为顶点,顶点角度为 $\theta$ 过圆心的等腰三角形构成( $\theta$ 可根据探头尺寸和成像深度预先设定),且在离近场 $s$ 以内不做计算( $s$ 的大小预先设定,其取值可根据实际需求定),如下图3所示,在接收阵元的回波数据中共有 $Y/4$ 条扫描线,接收采用变孔径接收的方式,随着成像深度的增加接收孔径随呈线性变大。根据计算的数据位置,将扫描线对齐后相加,得到最终的一条线数据,在线数据中找到最终的成像点位置。

[0046] 在对接收到的回波数据进行计算前会对数据进行滤波处理,在本发明中对于数据滤波,即是对数据在时域做卷积运算,合理设置共享存储器内存大小,将每一次需要处理的滤波数据等分在共享存储器中,并且每个共享存储器存储数据大小根据接收阵元个数根据GPU的warp大小来确定(warp即流多处理器的调度处理单元),并且将滤波参数提前逆置存放在GPU内存中,最后再将逆置的滤波参数与数据相乘叠加;或将时间域下的卷积运算转换到频率的傅里叶计算,同样在缩短时间上有着极好的效果。滤波完成后,再对成像点区域进行计算。

[0047] 理论上成像区域划分的越密集,分辨率越高,但由于衍射极限的影响,如果成像区域划分的过于密集,计算量加大,但成像效果并没有有效提高,因此要选择合适的成像区域大小和划分的密集程度;本发明中 $\theta$ 的选择可根据现有技术通过算法计算所得,与探头半径大小 $R$ 和成像深度 $r$ 有关,可参考公式 $\theta < \sin^{-1}(0.98-r/R)$ 。在上述步骤中,对于探头上所有阵元的阵元坐标提前计算完成固化在GPU内的共享内存中,对于成像区域中每个成像点的位置,会通过CPU提前算出对应于每个发射阵元成像区域内相应成像点的位置坐标,在本发明中称之为“三角形方法”,将图2所示的坐标轴映射到 $X$ 轴和 $Y$ 轴范围均为0到 $N-1$ 内(此时, $XY$ 坐标平面即对应 $N \times N$ 的数组数据; $N \times N$ 也即成像分辨率大小,可选择根据实际需求预先

设定,也可自由选择),并将它存储在GPU的全局内存中,这样可以实现每次在计算成像点所对应的数据值时,只需要从全局内存中读出成像点位置坐标,省去每次遍历寻找成像点位置的时间。对于数据的滤波预处理计算与划分在成像区域内成像点数据值的计算以及对最后所有Y个N\*N一维数组数据求和的计算则是通过GPU来完成,每一次N×N的一维数据都是映射在同一坐标系下,因此求和不存在坐标上的转换,方便求和实现。在GPU核函数的计算过程中,本发明提出使用并发处理,GPU同时处理多个发射事件的数据并计算(一次发射事件指的是指定的发射阵元发射超声波,同时指定的接收阵元接收超声回波信号数据);接收同时也采用并接处理,每个发射阵元所对应的成像区域内的每一个成像点计算指定一个GPU线程来处理,即在成像区域内有多少成像点,则使用相应个数的线程来并行处理接收阵元扫描线上的数据,将计算结果根据坐标位置逐一映射到一个N\*N的一维数组中,这样即可并行处理多个发射所采集到数据。最后计算X个发射事件重建结果的一维数组求和,普通的计算方法采用规约求和的方式,在此发明专利中,采用GPU内原子函数的方式,每一个线程启用两个原子函数,一个用于计算成像点内的数据值,一个用于计数每个成像点相应使用接收阵元个数(其中,成像点与阵元不是一一对应的,有可能出现一个成像点在多个发射事件中),实现Y个一维数组求和,这样即可同时得到一幅图像1/X个未做数据平均的原始数据。

[0048] 在X个节点的集群中选择一个节点服务器作为主节点服务器,可称其为server,其余的节点服务器称其为client,在节点上启用NFS协议,将节点间的数据进行相互挂载,client端计算完成后,server可以读取每个client上计算完成的结果,server将所有计算结果做最后的求和平均,对数压缩,灰度映射,最后将重建的结果发送到工作站上。这样便完成一幅图像的重建。

[0049] 在具体应用时,节点服务器集群与超声断层成像系统配合使用,相应的,还可以使用现有技术中已知的硬件模块或硬件电路等硬件组件配合,如图4所示,硬件部分可以主要由环形探头、硬件电路板、节点服务器集群、工控机、图形工作站五部分组成,其中,硬件电路板所涉及的细节功能模块及它们之间的连接关系、配合工作方式等,可以基于以下流程结合现有技术设置:FPGA控制超声激励信号,并激发探头压电晶体产生超声波,超声波在兴趣区域内与物体接触产生反射回波信号和透射回波信号,FPGA同时控制探头上的阵元接收回波信号经采样后将数据传输给集群进行图像重建。

[0050] 例如,若使用四台节点服务器,处理回波数据量接近35GByte的数据,重建一副分辨率为2048\*2048图像,重建时间只需要6s左右。可见,本发明中用于分布式超声断层成像方法及系统可有效缩短重建计算时间。

[0051] 本发明所基于的合成孔径聚焦技术SAFT重建图像算法,可直接参考相关现有技术,如彭虎,超声成像算法导论[M],合肥:中国科学技术大学出版社.2008。

[0052] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

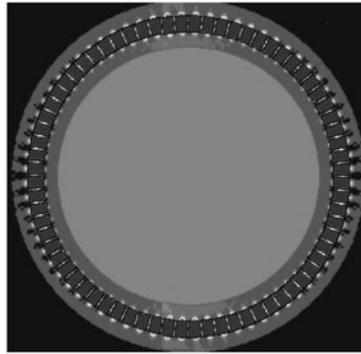


图1

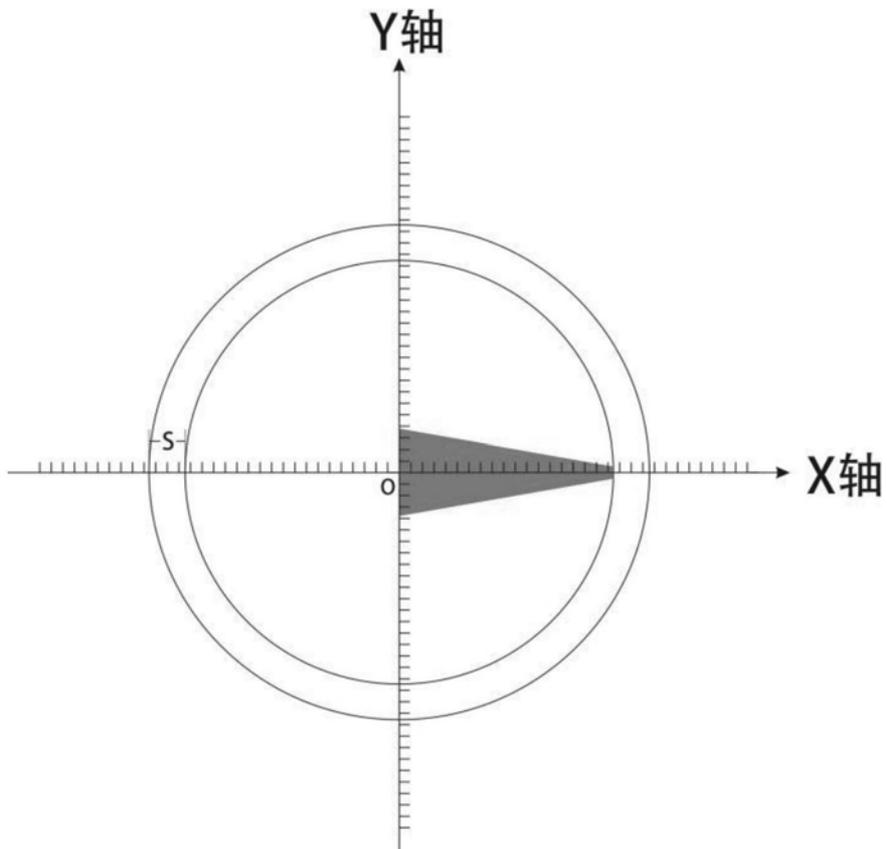


图2

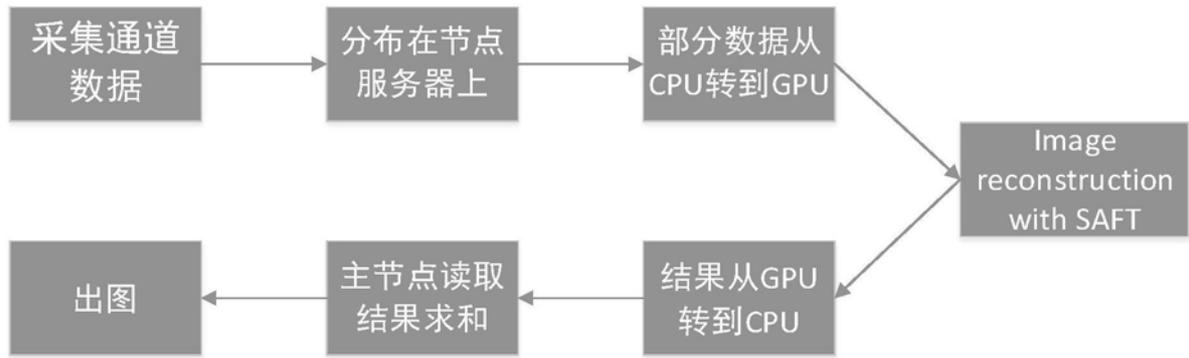


图3

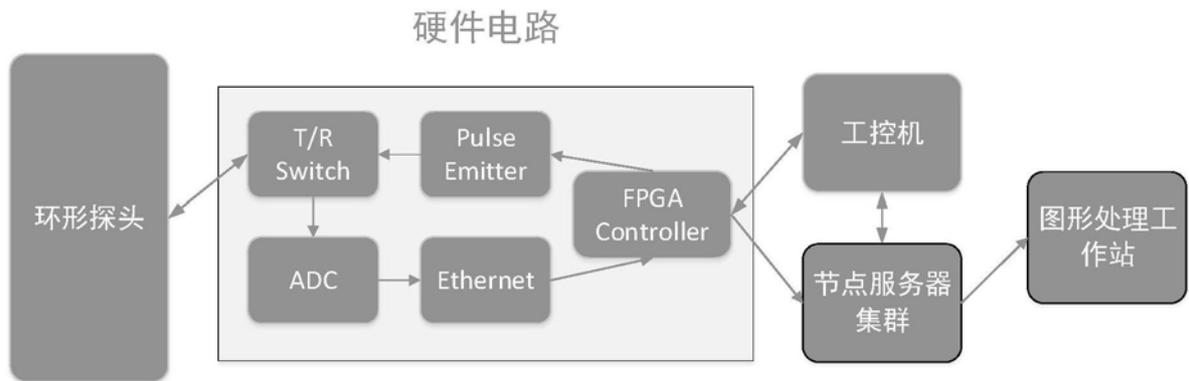


图4

专利名称(译)	基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法及系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN110179495A</a>	公开(公告)日	2019-08-30
申请号	CN201910328878.0	申请日	2019-04-23
[标]申请(专利权)人(译)	华中科技大学		
申请(专利权)人(译)	华中科技大学		
当前申请(专利权)人(译)	华中科技大学		
[标]发明人	尉迟明 丁明跃 周权 王珊珊 宋俊杰 孙夏 刘朝晖 张求德		
发明人	尉迟明 丁明跃 周权 王珊珊 宋俊杰 孙夏 刘朝晖 张求德		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/5207 A61B8/5215		
代理人(译)	李智		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明属于超声成像大数据量处理领域，公开了一种基于分布式系统的超声断层成像计算优化方法及系统，其中方法包括：准备步骤：设置包括X个分布式节点服务器的分布式系统，探头上的阵元对应到相应的节点服务器，并且每个节点服务器上所对应的阵元数量是均等的；数据采集及存储步骤；待所有信号采集完成后，首先是对接收到的信号进行滤波预处理步骤，然后开始图像的重建；图像的重建包括各节点独立重建步骤和主节点服务器整合步骤。本发明由于采用分布式集群系统方案，利用多节点服务器，对超声断层成像系统接收阵元采集到的超声波信号基于合成孔径聚焦技术SAFT原理进行处理，可以解决超声断层成像系统数据量大、图像重建时间长等问题。

