



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102860844 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 09

(21) 申请号 201210376960. 9

(22) 申请日 2012. 09. 29

(71) 申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381 号

(72) 发明人 韦岗 梁可尊 万吉娜 夏娇

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 何淑珍

(51) Int. Cl.

A61B 8/00 (2006. 01)

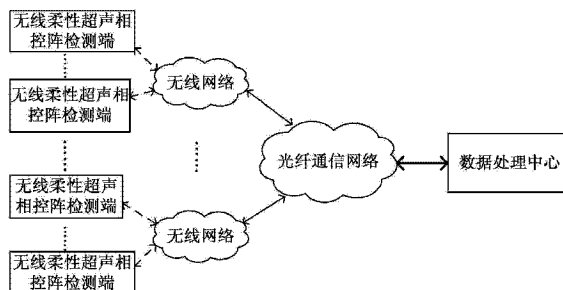
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 7 页

(54) 发明名称

基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测装置与方法

(57) 摘要

本发明公开了基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测装置与方法,所述装置包括若干个无线柔性超声相控阵检测端与一个数据处理中心;无线柔性超声相控阵检测端与数据处理中心之间通过无线网络及光纤通信网络进行网络连接和数据通信。所述方法中,无线柔性超声相控阵检测端完成相控超声信号的发射和接收;数据处理中心则根据各个无线柔性超声相控阵检测端的接收信号数据,完成检测参数计算、检测成像、综合分析的数据处理,通过超声相控阵与无线通信模块的集成而实现无线连接、低辐射、高精度的超声检测,同时适用于多种牛科动物、不同检测部位、多检测端的超声检测,具有方便、实用性与可扩展性强的优点。



1. 基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测装置,其特征在于包括若干个无线柔性超声相控阵检测端与一个数据处理中心;无线柔性超声相控阵检测端与数据处理中心之间通过无线网络及光纤通信网络进行网络连接和数据通信;无线柔性超声相控阵检测端完成相控超声信号的发射和接收;数据处理中心则根据各个无线柔性超声相控阵检测端的接收信号数据,完成检测参数计算、检测成像、综合分析的数据处理。

2. 根据权利要求1所述的基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测装置,其特征在于所述数据处理中心包括数据处理服务器、数据存储服务器、多任务管理服务器、人机交互平台和通信模块;其中数据处理服务器、数据存储服务器、人机交互平台、通信模块分别与多任务管理服务器相连接;数据处理服务器与数据存储服务器相连接;所述数据处理服务器负责各个无线柔性超声相控阵检测端检测参数的计算以及各个无线柔性超声相控阵检测端发送过来数据的处理;数据存储服务器用于存储数据处理中心所接收的检测数据;所述人机交互平台用于人机交互中的检测参数输入与控制,以及检测处理结果的显示;所述通信模块用于数据处理中心与各个无线柔性超声相控阵检测端之间的网络连接及数据通信。

3. 根据权利要求1所述的基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测装置,其特征在于所述无线柔性超声相控阵检测端包括柔性探头模块、超声发射模块、超声接收模块、控制模块、输入模块和无线模块,其中柔性探头模块分别与超声发射模块、超声接收模块连接;控制模块分别与超声发射模块、超声接收模块、输入模块、无线模块连接;所述超声发射模块用于驱动柔性探头模块中的超声相控阵探头发射超声波;所述超声接收模块用于接收和处理回波信号;所述柔性探头模块用于声电信号的相互转换;所述输入模块用于牛科动物编号与无线柔性超声相控阵检测端控制命令的输入;所述无线模块用于无线柔性超声相控阵检测端与数据处理中心之间通信数据的收发;所述控制模块用于控制超声的发射与接收、柔性超声相控换能器阵列的收发切换、柔性探头模块中柔性超声相控阵探头各个阵元的收发延时以及无线模块数据的发送与接收。

4. 根据权利要求3所述的基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测装置,其特征在于所述柔性探头模块由柔性超声相控阵探头、多路开关、相控阵延时单元组成,其中柔性超声相控阵探头由多个柔性集成化超声换能器阵元排列而成,采用二维的面型排列结构,柔性超声相控阵探头中各阵元之间的相对位置是可调的;

所述超声发射模块由顺次连接的发射控制单元、波形形成器、D/A转换器和功率放大器组成,其中超声波信号选用频率范围为1~5MHz的超声脉冲串,其波形参数存储于波形形成器中;

所述超声接收模块由顺序连接的程控放大器、A/D转换器和数字滤波器组成;

所述控制模块由微处理器、延时控制单元、存储器和数据缓存单元组成,微处理器分别与延时控制单元、存储器和数据缓存单元连接;

所述控制模块通过向无线模块发出指令,与数据处理中心进行网络连接与数据通信;在发射超声检测信号时,控制模块向发射控制单元发出控制指令,并通过延时控制单元设置相控阵延时单元中各个阵元通道的发射延时和发射相移,此时多路开关调整为打开发射的状态;在接收超声检测信号时,多路开关调整为打开接收的状态,控制模块通过延时控制单元设置相控阵延时单元中各个阵元通道的接收延时和接收相移。

5. 基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测方法,使用权利要求 1 ~ 4 任一项所述监测装置,其特征在于无线柔性超声相控阵检测端的工作流程包括以下步骤:

步骤 11,确定无线柔性超声相控阵检测端柔性探头模块的超声发射中心频率、阵列形式和阵列大小;

步骤 12,输入监测的牛科动物编号,然后在检测对象表面涂上超声耦合剂,将无线柔性超声相控阵检测端的超声发射模块与监测对象表面充分接触,并将无线柔性超声相控阵检测端进行固定;

步骤 13,发射和接收超声相控阵检测信号,对柔性超声探头模块中各个阵元进行定位检测,然后将接收到的超声相控阵检测信号数据发送至数据处理中心;

步骤 14,根据接收到数据处理中心的检测参数发射超声信号,然后将接收到的超声相控阵检测回波信号数据发送至数据处理中心;

步骤 15,若收到数据处理中心调整参数的控制命令,则按照数据处理中心发送来的新的检测参数进行检测参数调整,重复步骤 15;若收到数据处理中心检测完成的控制命令,无线柔性超声相控阵检测端进入休眠状态;

步骤 16,当收到数据处理中心启动检测任务的指令时,重新进入工作状态,返回步骤 13;

所述数据处理中心的工作流程包括以下步骤:

步骤 21,选择需要检测的牛科动物编号与检测的内容,数据处理中心向需要启动检测的无线柔性超声相控阵检测端发送启动检测任务的指令;

步骤 22,接收到无线柔性超声相控阵检测端的连接请求时,根据无线柔性超声相控阵检测端的连接信息进行判断是否允许无线柔性超声相控阵检测端连接;若不允许连接,则向申请连接的无线柔性超声相控阵检测端发送拒绝连接的信息;若允许连接,则记录无线柔性超声相控阵检测端的连接信息,并建立与之对应的检测任务;

步骤 23,数据处理中心接收到无线柔性超声相控阵检测端的阵元检测数据时,多任务服务器进入与该无线柔性超声相控阵检测端相对应的检测任务,由数据处理服务器根据各个阵元回波信号的时域相关性计算所选阵元与参考阵元的相对位置,多任务服务器通过通信模块将所选阵元的相对位置数据反馈至无线柔性超声相控阵检测端;

步骤 24,数据处理中心接收到无线柔性超声相控阵检测端的监测对象检测数据时,首先将监测对象检测数据存储于数据存储服务器,然后由多任务管理服务器判断当前的检测任务是否已完成;

步骤 25,如果检测任务仍未完成,则重新调整检测的位置,并利用自适应聚焦算法对各个阵元的预设相位初值进行发射/接收参数的调节,然后通过通信模块向无线柔性超声相控阵检测端发送需要调整的检测参数;

步骤 26,如果检测任务已完成,数据处理中心向无线柔性超声相控阵检测端发送检测完成的命令,然后依次完成以下步骤:

步骤 26.1,根据当前检测任务存储于数据存储服务器中的检测数据进行超声成像处理;

相控阵检测端的历史检测任务的检测结果进行综合分析,画出所监测牛科动物随时间变化的生长情况变化曲线;

步骤 26. 3, 将所监测不同的牛科动物生长情况变化曲线进行对比分析 ;

步骤 26. 4, 将所监测牛科动物的资料、超声成像图像、所监测牛科动物生长情况变化曲线以及所监测不同的牛科动物生长信息对比曲线的检测结果在人机交互平台上显示 ;

步骤 26. 5, 终止检测任务, 并断开与该无线柔性超声相控阵检测端的网络连接。

基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测装置与方法

技术领域

[0001] 本发明涉及动物超声检测技术领域,具体涉及运用柔性超声相控阵监测牛科动物生长情况的装置与方法。

背景技术

[0002] 近年来,我国畜牧业持续、健康、稳步发展,已经成为我国农村经济的支柱产业,规模化、专业化、自动化、信息化是畜牧业未来发展的方向。随着生活水平以及对生活品质要求的不断提高,人们对畜禽产品的品质 and 安全性要求也越来越高。

[0003] 牛科动物生长状况信息的采集和分析是提高牛科动物养殖现代化水平、提高牛科动物产品的品质和安全性的的重要手段和途径。通过监测牛科动物生长状况的变化情况可以对牛科动物的进食情况、饲养环境进行评测,根据生长状况的变化及时调整喂养形式及饲养环境,并为牛科动物品种刷选与品质鉴定提供准确的数据和依据。目前牛科动物生长状况主要根据牛科动物的生长期和饲养人员的个人经验来判断,具有一定的误判性和不确定性。通过无损检测技术实时监测牛科动物生长状况以及生长变化情况,如肉牛的脂肪与肌肉厚度、奶牛乳房的健康状况、母牛胎儿的发育情况等,可以针对牛科动物的健康状况、饲养环境和发育阶段做出较为准确的估计和分析,从而对牛科动物养殖及时采取各种应对措施。

[0004] 由于具有检测速度快、分辨率高、方向性好、穿透能力强、成本低和无损伤等优点,超声无损检测技术在动物检测领域中得到了广泛的应用。目前的动物超声检测设备一般为手持式、探头为刚性探头、使用电缆连接的超声检测仪。这类手持式超声检测仪在实际检测应用中存在着以下不足:(1) 由于硬件的局限,其计算能力、存储空间、运算速度和数据处理精度均较受限,需要对检测对象逐个检测,不适合大规模圈养式牛科养殖场长时间监测使用;(2) 刚性超声探头往往由于与被检测牛科动物的检测表面接触不完全而造成耦合效果不好,同时刚性超声探头对被检测牛科动物检测表面的挤压也容易造成被检测牛科动物的抵触和反抗,导致检测数据不准确;(3) 对于多探头超声检测装置,使用电缆有线连接的方式在检测过程中极不方便,多条电缆既增加了装置的重量也限制了各个电缆所连接探头的检测移动范围,降低了装置的灵活性和实用性。

发明内容

[0005] 对目前技术所存在的上述不足,本发明提出基于柔性超声相控阵的牛科生长状况监测装置与方法,该装置与方法通过采用柔性超声换能器阵列实现超声探头的柔性化,通过超声相控阵与无线通信模块的集成而实现无线连接、低辐射、高精度的超声检测,同时适用于多种牛科动物、不同检测部位、多检测端的超声检测,具有方便、实用性与可扩展性强的优点。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测装置,包括若干个无线柔性超声相控阵

检测端与一个数据处理中心；无线柔性超声相控阵检测端与数据处理中心之间通过无线网络及光纤通信网络进行网络连接和数据通信；无线柔性超声相控阵检测端完成相控超声信号的发射和接收；数据处理中心则根据各个无线柔性超声相控阵检测端的接收信号数据，完成检测参数计算、检测成像、综合分析的数据处理。

[0007] 进一步的，所述数据处理中心包括数据处理服务器、数据存储服务器、多任务管理服务器、人机交互平台和通信模块；其中数据处理服务器、数据存储服务器、人机交互平台、通信模块分别与多任务管理服务器相连接；数据处理服务器与数据存储服务器相连接；所述数据处理服务器负责各个无线柔性超声相控阵检测端检测参数的计算以及各个无线柔性超声相控阵检测端发送过来数据的处理；数据存储服务器用于存储数据处理中心所接收的检测数据；所述人机交互平台用于人机交互中的检测参数输入与控制，以及检测处理结果的显示；所述通信模块用于数据处理中心与各个无线柔性超声相控阵检测端之间的网络连接及数据通信。

[0008] 进一步的，所述无线柔性超声相控阵检测端包括柔性探头模块、超声发射模块、超声接收模块、控制模块、输入模块和无线模块，其中柔性探头模块分别与超声发射模块、超声接收模块连接；控制模块分别与超声发射模块、超声接收模块、输入模块、无线模块连接；所述超声发射模块用于驱动柔性探头模块中的超声相控阵探头发射超声波；所述超声接收模块用于接收和处理回波信号；所述柔性探头模块用于声电信号的相互转换；所述输入模块用于牛科动物编号与无线柔性超声相控阵检测端控制命令的输入；所述无线模块用于无线柔性超声相控阵检测端与数据处理中心之间通信数据的收发；所述控制模块用于控制超声的发射与接收、柔性超声相控换能器阵列的收发切换、柔性探头模块中柔性超声相控阵探头各个阵元的收发延时以及无线模块数据的发送与接收。

[0009] 进一步的，所述柔性探头模块由柔性超声相控阵探头、多路开关、相控阵延时单元组成，其中柔性超声相控阵探头由多个柔性集成化超声换能器阵元排列而成，采用二维的面型排列结构，柔性超声相控阵探头中各阵元之间的相对位置是可调的；

所述超声发射模块由顺次连接的发射控制单元、波形形成器、D/A 转换器和功率放大器组成，其中超声波信号选用频率范围为 1~5MHz 的超声脉冲串，其波形参数存储于波形形成器中；

所述超声接收模块由顺序连接的程控放大器、A/D 转换器和数字滤波器组成；

所述控制模块由微处理器、延时控制单元、存储器和数据缓存单元组成，微处理器分别与延时控制单元、存储器和数据缓存单元连接；

所述控制模块通过向无线模块发出指令，与数据处理中心进行网络连接与数据通信；在发射超声检测信号时，控制模块向发射控制单元发出控制指令，并通过延时控制单元设置相控阵延时单元中各个阵元通道的发射延时和发射相移，此时多路开关调整为打开发射的状态；在接收超声检测信号时，多路开关调整为打开接收的状态，控制模块通过延时控制单元设置相控阵延时单元中各个阵元通道的接收延时和接收相移。

[0010] 基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测方法，使用上述监测装置，其中，无线柔性超声相控阵检测端的工作流程包括以下步骤：

步骤 11，确定无线柔性超声相控阵检测端柔性探头模块的超声发射中心频率、阵列形式和阵列大小；

步骤 12, 输入监测的牛科动物编号, 然后在检测对象表面涂上超声耦合剂, 将无线柔性超声相控阵检测端的超声发射模块与监测对象表面充分接触, 并将无线柔性超声相控阵检测端进行固定;

步骤 13, 发射和接收超声相控阵检测信号, 对柔性超声探头模块中各个阵元进行定位检测, 然后将接收到的超声相控阵检测信号数据发送至数据处理中心;

步骤 14, 根据接收到数据处理中心的检测参数发射超声信号, 然后将接收到的超声相控阵检测回波信号数据发送至数据处理中心;

步骤 15, 若收到数据处理中心调整参数的控制命令, 则按照数据处理中心发送来的新的检测参数进行检测参数调整, 重复步骤 15; 若收到数据处理中心检测完成的控制命令, 无线柔性超声相控阵检测端进入休眠状态;

步骤 16, 当收到数据处理中心启动检测任务的指令时, 重新进入工作状态, 返回步骤 13;

所述数据处理中心的工作流程包括以下步骤:

步骤 21, 选择需要检测的牛科动物编号与检测的内容, 数据处理中心向需要启动检测的无线柔性超声相控阵检测端发送启动检测任务的指令;

步骤 22, 接收到无线柔性超声相控阵检测端的连接请求时, 根据无线柔性超声相控阵检测端的连接信息进行判断是否允许无线柔性超声相控阵检测端连接; 若不允许连接, 则向申请连接的无线柔性超声相控阵检测端发送拒绝连接的信息; 若允许连接, 则记录无线柔性超声相控阵检测端的连接信息, 并建立与之对应的检测任务;

步骤 23, 数据处理中心接收到无线柔性超声相控阵检测端的阵元检测数据时, 多任务服务器进入与该无线柔性超声相控阵检测端相对应的检测任务, 由数据处理服务器根据各个阵元回波信号的时域相关性计算所选阵元与参考阵元的相对位置, 多任务服务器通过通信模块将所选阵元的相对位置数据反馈至无线柔性超声相控阵检测端;

步骤 24, 数据处理中心接收到无线柔性超声相控阵检测端的监测对象检测数据时, 首先将监测对象检测数据存储于数据存储服务器, 然后由多任务管理服务器判断当前的检测任务是否已完成;

步骤 25, 如果检测任务仍未完成, 则重新调整检测的位置, 并利用自适应聚焦算法对各个阵元的预设相位初值进行发射/接收参数的调节, 然后通过通信模块向无线柔性超声相控阵检测端发送需要调整的检测参数;

步骤 26, 如果检测任务已完成, 数据处理中心向无线柔性超声相控阵检测端发送检测完成的命令, 然后依次完成以下步骤:

步骤 26.1, 根据当前检测任务存储于数据存储服务器中的检测数据进行超声成像处理;

相控阵检测端的历史检测任务的检测结果进行综合分析, 画出所监测牛科动物随时间变化的生长情况变化曲线;

步骤 26.3, 将所监测不同的牛科动物生长情况变化曲线进行对比分析;

步骤 26.4, 将所监测牛科动物的资料、超声成像图像、所监测牛科动物生长情况变化曲线以及所监测不同的牛科动物生长信息对比曲线的检测结果在人机交互平台上显示;

步骤 26.5, 终止检测任务, 并断开与该无线柔性超声相控阵检测端的网络连接。

[0011] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

1. 对不同外形的牛科动物检测部位具有较高的适用性,能检测牛科动物脂肪与肌肉厚度、奶牛乳房健康状况与母牛胎儿发育情况。与使用刚性探头的超声检测装置相比,本发明中无线柔性超声相控阵检测端使用柔性超声相控阵探头,可以适应不同表面以及复杂表面的超声监测,与外形不规则的牛科动物检测部位表面有效耦合,柔性化的超声探头也减少了对所检测牛科动物的干扰,提高了无线柔性超声相控阵检测端的适用性和检测精度。

[0012] 2. 无线柔性超声相控阵检测端实现小型化和集成化。与使用有线电视的超声检测装置相比,本发明中无线柔性超声相控阵检测端使用无线通信方式,无线柔性超声相控阵检测端体积小、硬件复杂度低,因此检测端的生产成本也相对较低,且使用灵活方便,扩展时只需要增加相应数量的无线柔性超声相控阵检测端体即可,系统可扩展性好。

[0013] 3. 检测装置使用方便、快捷。与单阵元探头超声检测方法相比,超声相控阵在不移动超声探头的情况下,可以实现更大范围的检测;同时,通过各阵元的相位调节、振幅控制与声束形成等方法,实现检测超声波发射和接收聚焦、变孔径、变迹等相控效果,可以减少检测过程中由于探头移动所造成的误差,并提高了超声检测相控成像效果。

[0014] 4. 具有较高的检测精度和检测效果。与手持式超声检测仪相比,本发明中无线柔性超声相控阵检测端与数据处理中心分离,有效规避了目前我国加工工艺不高的缺点,数据处理中心可在后方使用复杂的成像和计算算法,提高了超声检测的精度。

[0015] 5. 实现了对牛科动物的远程监测与实时监测。本发明可以远程监测和记录牛科动物在监测过程中的生长状况资料,便于集中处理和监控不同地点养殖的牛科动物,以及将牛科动物不同个体之间、同一个体不同时间的生长状况进行对比,及时实施合理的饲养方案,有利于提高所养殖牛科动物的品质和安全性。

附图说明

[0016] 图 1 是基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测装置的结构图;

图 2 是无线柔性超声相控阵检测端的结构框图;

图 3 是数据处理中心的结构框图;

图 4 是实施例柔性超声相控阵的阵列形式结构示意图;

图 5 是柔性超声相控阵探头的动态聚焦示意图;

图 6 是柔性超声相控阵探头的坐标图;

图 7 是实施例超声波检测背膘厚度的示意图;

图 8(a) 是实施例检测背膘厚度时的超声发射时域波形示意图;

图 8(b) 是图 8(a) 中超声发射阵元接收到的超声波回波信号示意图;

图 8(c) 是图 8(b) 中超声波回波信号的小波变换模值示意图;

图 9 是无线柔性超声相控阵检测端的工作流程图;

图 10 是数据处理中心的工作流程图。

具体实施方式

[0017] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述说明,但本发明的实施方式不限于此。

实施例

[0018] 基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测装置结构图如图 1 所示,由若干个无线柔性超声相控阵检测端与一个数据处理中心构成。无线柔性超声相控阵检测端与数据处理中心之间通过无线网络及光纤通信网络进行网络连接和数据通信;无线柔性超声相控阵检测端完成相控超声信号的发射和接收;数据处理中心则根据各个无线柔性超声相控阵检测端的接收信号数据,利用各种检测算法完成检测参数计算、检测成像、综合分析等数据处理。

[0019] 图 2 是无线柔性超声相控阵检测端的结构框图。本无线柔性超声相控阵检测端包括柔性探头模块、超声发射模块、控制模块、超声接收模块、输入模块和无线模块。柔性探头模块分别与超声发射模块、控制模块、超声接收模块连接;控制模块分别与柔性探头模块、超声发射模块、超声接收模块、输入模块、无线模块连接。

[0020] 所述柔性探头模块由柔性超声相控阵探头、多路开关、相控阵延时单元组成,其中柔性超声相控阵探头由多个柔性集成化超声换能器阵元排列而成,采用二维的面型排列结构,柔性超声相控阵中各阵元之间的相对位置是可调的;其中相控阵延时单元由多个可控延时器 131 与多个可控相移器 132 构成。

[0021] 所述超声发射模块由顺序连接的发射控制单元、波形形成器、D/A 转换器和功率放大器组成,其中超声波信号选用频率范围为 1~5MHz 的超声脉冲串,其波形参数存储于波形形成器中;

所述超声接收模块由顺序连接程控放大器、A/D 转换器和数字滤波器组成;

所述控制模块由微处理器、延时控制单元、存储器和数据缓存单元组成,微处理器分别与延时控制单元、存储器和数据缓存单元连接;

所述无线模块所使用的无线通信方式可以根据所在无线网络的覆盖情况来选择超宽带、WiFi 两种无线通信方式中的一种,优先选择超宽带无线通信方式;

所述控制模块通过向无线模块发出指令,与数据处理中心进行网络连接与数据通信;在发射超声检测信号时,控制模块向发射控制单元发出控制指令,并通过延时控制单元设置相控阵延时单元中各个阵元通道的发射延时和发射相移,此时多路开关调整为打开发射的状态;在接收超声检测信号时,多路开关调整为打开接收的状态,控制模块通过延时控制单元设置相控阵延时单元中各个阵元通道的接收延时和接收相移。

[0022] 数据处理中心的结构框图如图 3 所示,数据处理中心包括数据处理服务器、数据存储服务器、多任务管理服务器、人机交互平台和通信模块。其中数据处理服务器、数据存储服务器、人机交互平台、通信模块分别与多任务管理服务器相连接;数据处理服务器与数据存储服务器相连接。

[0023] 所述数据处理服务器负责各个无线柔性超声相控阵检测端检测参数的计算以及各个无线柔性超声相控阵检测端发送过来数据的处理;

所述数据存储服务器用于存储数据处理中心所接收的检测数据;

所述人机交互平台用于人机交互中的检测参数输入与控制以及检测处理结果的显示;

所述通信模块用于数据处理中心与各个无线柔性超声相控阵检测端之间的网络连接

及数据通信。

[0024] 本实施例中无线柔性超声相控阵检测端中柔性超声相控阵探头由多个柔性集成化超声换能器阵元排列而成,可以采用的柔性超声相控阵的阵列形式结构示意图如图4所示,包括线形41、矩形42、圆形43、环形44;各个阵列形式分别选择一个阵元作为参考阵元,本实施例中所采用的四个阵列形式的参考阵元40如图4所标示。上述阵列形式可以根据实际检测情况进行阵列形式选择,其中线形41阵列结构简单,数据处理复杂度低,适合二维超声成像的应用;矩形42、圆形43阵列适合进行三维超声成像的应用;环形44阵列则适合对环状外形检测对象进行二维成像的应用;上述阵列形式结构中的柔性集成化超声换能器单元的数目可以按照对应阵列形式结构进行增减;其中柔性超声相控阵探头中各个阵元的相对位置可以根据被检测对象表面形状进行调整。

[0025] 本实施例采用超声相控阵聚焦成像技术进行超声扫描成像,其中柔性超声相控阵探头动态聚焦示意图如图5所示。延时控制单元通过设置相控阵延时单元13中各个阵元通道的延时时间与预设的相位初值。其中第 m 个阵元与参考阵元所发射相控超声信号之间的相位差为:

$$\Delta\phi_m = \phi_m - \phi_0 = 2\pi f_0(\tau_m - \tau_0) + (\varphi_m - \varphi_0)$$

(公式1)

其中 f_0 为发射超声的中心频率, ϕ_m 、 τ_m 、 φ_m 分别是第 m 个阵元某个时刻的相位、延时时间与预设的相位初值, ϕ_0 、 τ_0 、 φ_0 分别是参考阵元某个时刻的相位、延时时间与预设的相位初值。

[0026] 以参考阵元为中心建立空间直角坐标系XYZ,本发明柔性超声相控阵探头的坐标图如图6所示。其中第 m 个阵元相对于参考阵元的延时时间可以通过下面公式计算得到:

$$\tau_m = \tau_0 + \frac{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} - \sqrt{(x-x_m)^2 + (y-y_m)^2 + (z-z_m)^2}}{c}$$

(公式2)

公式2中参考阵元延时时间 τ_0 为一常数,其取值要求对任意阵元 m 均有: $\tau_m \geq 0$; c 为超声在检测对象中的传播速度, (x,y,z) 为聚焦点坐标, (x_m,y_m,z_m) 为第 m 个阵元的坐标。当检测对象中含有声速不同的介质层时,传播速度 c 取近似值,在数据处理中心聚焦成像时使用自适应聚焦算法进行相位补偿。

[0027] 图7是本发明实施例超声波检测背膘厚度的示意图,其中1表示超声发射阵元,2为皮层,3为脂肪层,4为眼肌层。本实施例在检测牛科动物背膘厚度时,分别选取柔性超声相控阵探头中的有效发射阵元逐个进行超声波信号的发射与接收,记当前发射超声的阵元为阵元 i 。图8a是本发明实施例检测背膘厚度时的超声发射时域波形示意图,图8b是图8a中超声发射阵元接收到的超声波回波信号示意图,但实际检测中超声发射阵元接收到的超声波回波信号不限于此,该图用于说明如何实现牛科动物背膘厚度的超声检测。利用单边指数函数:

$$\psi(t) = e^{\frac{t^2}{2} - j2\pi f_0 t} \quad (\text{公式 3})$$

作为小波函数,对回波信号作小波变换,得到超声波回波信号的小波变换模值示意图,如图 8c 所示;由小波变换模极大值方法求得小波变换模值波形的三个局部模极大值以及其所对应时间点,时间点按时间轴先后顺序排序为: t_{n1} 、 t_{n2} 、 t_{n3} ;

则牛科动物背膘厚度可由以下公式算得:

$$\text{皮层厚度: } h_1 = \frac{\sum_{i=0}^n L_i t_{n1} c_1}{2 \sum_{i=0}^n L_i} \quad (\text{公式 4})$$

$$\text{背膘厚度: } h_2 = \frac{\sum_{i=0}^n L_i (t_{n2} - t_{n1}) c_2}{2 \sum_{i=0}^n L_i} \quad (\text{公式 5})$$

$$\text{眼肌层厚度: } h_3 = \frac{\sum_{i=0}^n L_i (t_{n3} - t_{n2}) c_3}{2 \sum_{i=0}^n L_i} \quad (\text{公式 6})$$

$$\text{其中 } L_i = \begin{cases} 1, & (\text{当第 } i \text{ 个阵元为有效阵元时}) \\ 0, & (\text{当第 } i \text{ 个阵元为无效阵元时}) \end{cases},$$

c_1 、 c_2 、 c_3 分别是超声波在皮层、脂肪与肌肉中的传播速度,当使用频率 $f_0 = 1\text{MHz}$ 的超声波进行检测时,分别取值 $c_1 = 1613\text{m/s}$, $c_2 = 1470\text{m/s}$, $c_3 = 1586\text{m/s}$;

本实施例基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测方法中,可以实现多个无线柔性超声相控阵检测端同时进行检测任务,其中无线柔性超声相控阵检测端的工作流程图如图 10 所示,具体包括以下步骤:

步骤 11,选择合适的无线柔性超声相控阵检测端,选择参数包括无线柔性超声相控阵检测端的无线通信方式、柔性探头模块的超声发射中心频率、阵列形式、阵列大小;选择时无线柔性超声相控阵检测端参考以下原则:(1) 优先使用 UWB 无线通信方式,在 UWB 无线网络连接失败后,使用 WIFI 无线通信方式进行网络连接;(2) 根据所需检测精度和检测范围选择阵列大小,检测范围较大或要求检测精度较高时选择阵列数目较大的柔性探头模块;

步骤 12,通过输入模块输入监测的牛科动物编号,控制模块将监测的牛科动物编号存储于存储单元;在监测对象与柔性超声探头模块接触的表面上涂上具有声阻抗的超声耦合

剂,然后将无线柔性超声相控阵检测端与监测对象表面充分接触,并将无线柔性超声相控阵检测端进行固定;其中无线柔性超声相控阵检测端固定的方式可以根据实际检测要求选择捆戴式或粘贴式进行固定;

步骤 13,连接所处的无线网络,通过无线模块与数据处理中心建立网络连接;若与数据处理中心连接失败,无线柔性超声相控阵检测端在延时等待一定时间后,重新与数据处理中心连接进行连接,直至与数据处理中心连接成功;若与数据处理中心连接成功,无线柔性超声相控阵检测端将检测端超声柔性探头参数发送至数据处理中心,其中超声柔性探头参数包括探头阵列形式、阵列大小、超声发射的中心频率与所选取参考阵元在相控阵中的位置;

步骤 14,发射和接收超声相控阵检测信号,对柔性超声探头模块中各个阵元进行定位检测,然后将接收到的超声相控阵检测信号数据发送至数据处理中心。具体包括以下步骤:

步骤 14.1,选取柔性超声相控阵中的一个阵元,单独发射超声信号,所有阵元同时接收,分别得到各个阵元的回波信号,然后将各路测试回波信号数据通过无线网络发送至数据处理中心;

步骤 14.2,无线柔性超声相控阵检测端更换选择柔性超声相控阵中的另一个阵元,重复步骤 14.1,直至所有阵元均完成阵元定位测试信号的发射与接收;

步骤 15,无线柔性超声相控阵检测端在接收到数据处理中心发送来的检测参数之后,首先将检测参数存储于存储单元,然后根据检测参数设置各有效阵元发射超声信号的延时时间和相位延迟,再通过有效阵元发射超声信号;无线柔性超声相控阵检测端接收检测的超声回波信号,并将接收的各路超声回波信号数据通过无线模块发送至数据处理中心;其中检测参数包括发射聚焦点坐标、各个阵元与参考阵元的相对位置以及各个阵元的有效性数据;

步骤 16,若收到数据处理中心调整参数的控制命令,则按照数据处理中心发送来的新的检测参数进行检测参数调整,重复步骤 15;若收到数据处理中心检测完成的控制命令,无线柔性超声相控阵检测端进入休眠状态;在休眠状态中,控制模块停止柔性探头模块、超声发射模与超声接收模块的工作,每隔设定时间通过无线模块接收无线网络的消息;

步骤 17,当收到数据处理中心启动检测任务的指令时,重新进入工作状态,控制模块启动柔性探头模块、超声发射模与超声接收模块,返回步骤 13。

[0028]

本发明中数据处理中心可以同时接收和处理多个无线柔性超声相控阵检测端的超声检测数据。本实施例数据处理中心的工作流程图如图 9 所示,包括以下步骤:

步骤 21,通过人机交互平台选择需要检测的牛科动物编号与检测内容,多任务管理器通过通信模块向需要启动检测的无线柔性超声相控阵检测端发送启动检测任务的指令,其中检测的内容可以包括脂肪与肌肉厚度、超声相控阵成像等;

步骤 22,数据处理中心通过通信模块接收到无线柔性超声相控阵检测端的连接请求时,根据无线柔性超声相控阵检测端的连接信息进行判断是否允许无线柔性超声相控阵检测端连接。如果所申请连接的无线柔性超声相控阵检测端的连接信息与数据存储服务器中存储的牛科动物信息相符,则允许连接,否则不允许连接。若不允许连接,则通过通信模块

向申请连接的无线柔性超声相控阵检测端发送拒绝连接的信息；若允许连接，多任务管理服务器记录无线柔性超声相控阵检测端的连接信息，并建立与之对应的检测任务；

步骤 23, 数据处理中心通过通信模块接收到无线柔性超声相控阵检测端的阵元定位检测数据时，多任务服务器进入与该无线柔性超声相控阵检测端相对应的检测任务，根据各个阵元回波信号的时域相关性采用 WDA (acronym of Wavelet, Detail and Approximate) 相关法计算柔性超声相控阵各个阵元的位置，同时根据各个阵元接收信号的强度与需要检测的区域判断柔性超声相控阵探头各阵元的有效性；多任务服务器通过通信模块将所定位阵元的相对位置数据与有效性数据反馈至无线柔性超声相控阵检测端；

步骤 24, 数据处理中心通过通信模块接收到无线柔性超声相控阵检测端的监测对象检测数据时，首先将监测对象检测数据存储于数据存储服务器，然后由多任务管理服务器判断当前的检测任务是否已完成；

步骤 25, 如果检测任务仍未完成，多任务管理器对检测聚焦点的坐标 (x, y, z) 进行调整，并由数据处理服务器利用自适应聚焦算法对各个阵元的预设相位初值进行发射 / 接收参数进行调节，然后通过通信模块向无线柔性超声相控阵检测端发送需要调整的检测参数；

步骤 26, 如果检测任务已完成，多任务管理器通过无线模块向无线柔性超声相控阵检测端发送检测完成的命令，然后依次完成以下步骤：

步骤 26.1, 根据当前检测任务存储于数据存储服务器中的检测数据进行超声成像处理，同时与存储服务器中存储的其它超声图像进行对比分析；

步骤 26.2, 搜索数据存储服务器中存储的检测数据，与该无线柔性超声相控阵检测端的历史检测任务的检测结果进行综合分析，画出所监测牛科动物随时间变化的生长情况变化曲线；

步骤 26.3, 将本检测任务所监测牛科动物的生长情况变化曲线与其它监测不同的牛科动物生长情况变化曲线进行对比分析；

步骤 26.4, 多任务管理服务器将所监测牛科动物的资料、超声成像图像、所监测牛科动物生长情况变化曲线以及所监测不同的牛科动物生长信息对比曲线等检测结果在人机交互平台上显示；

步骤 26.5, 多任务管理器终止当前检测任务，并通过通信模块断开与该无线柔性超声相控阵检测端的网络连接。

[0029] 以上所述，仅为本发明方法较佳的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明技术范围内，可轻易想到的变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

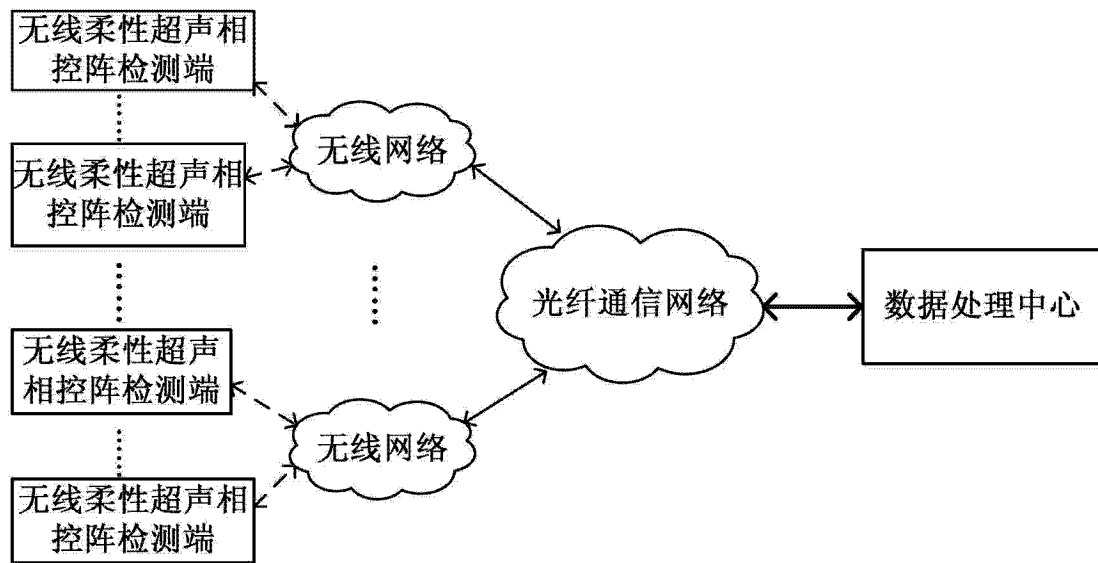


图 1

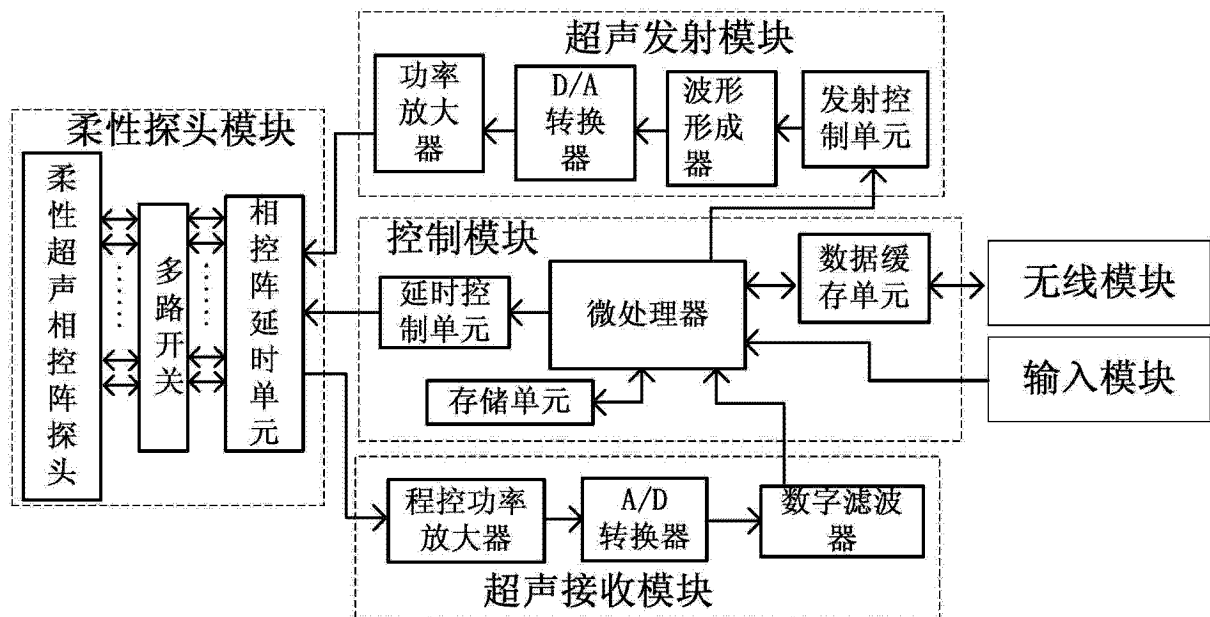


图 2

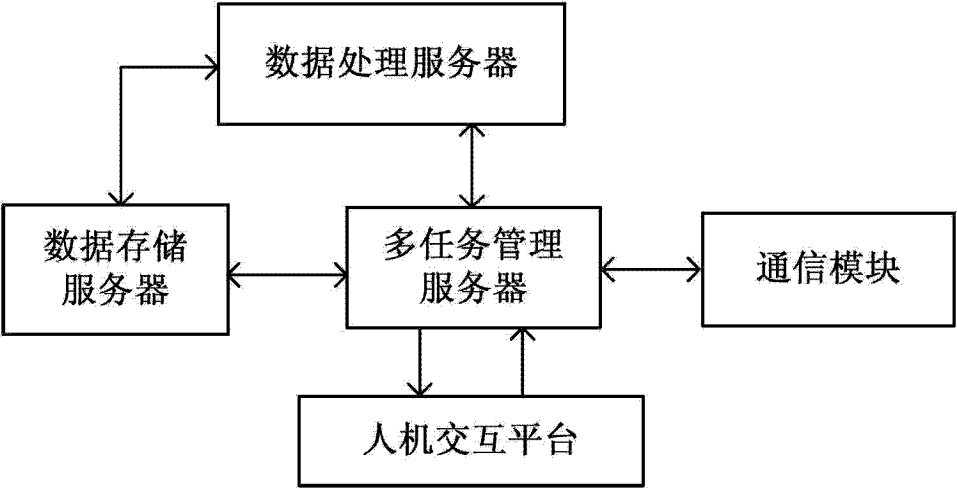


图 3

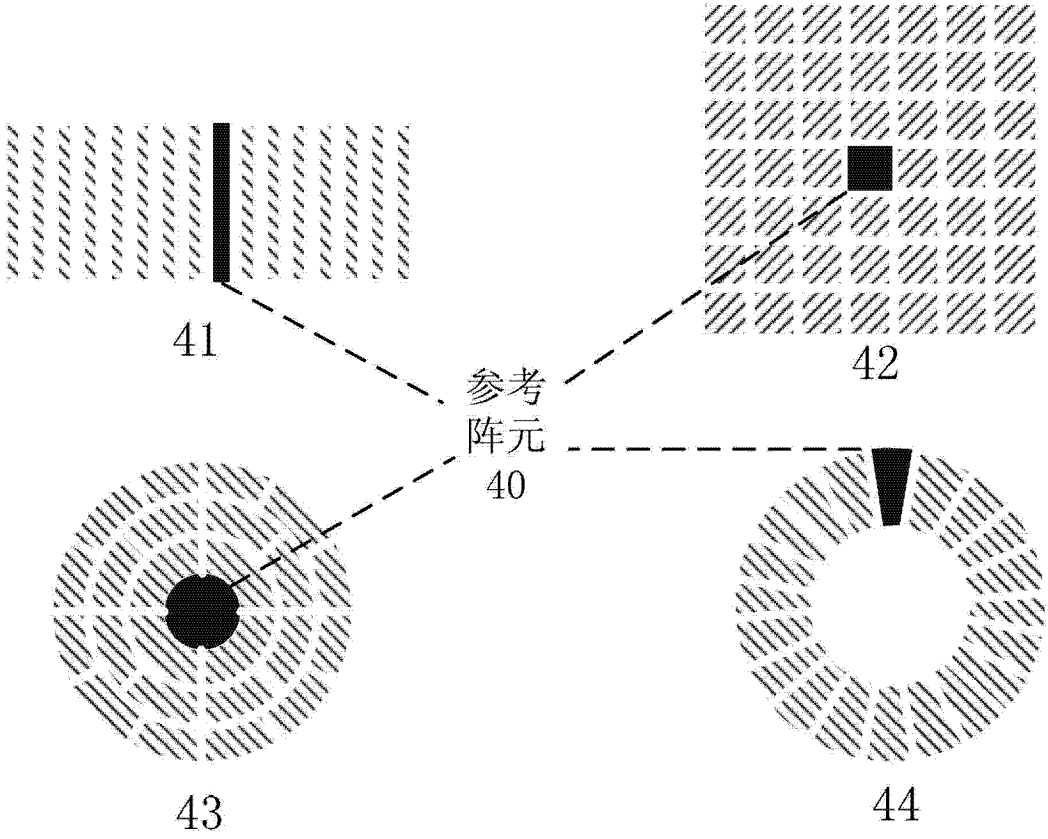


图 4

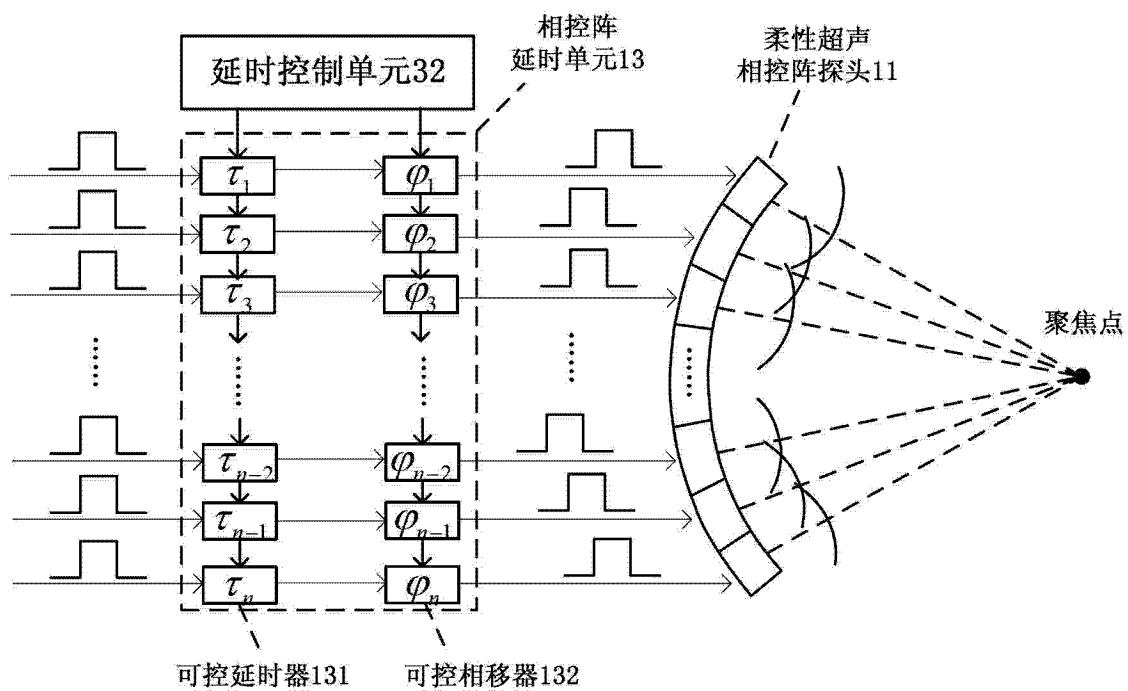


图 5

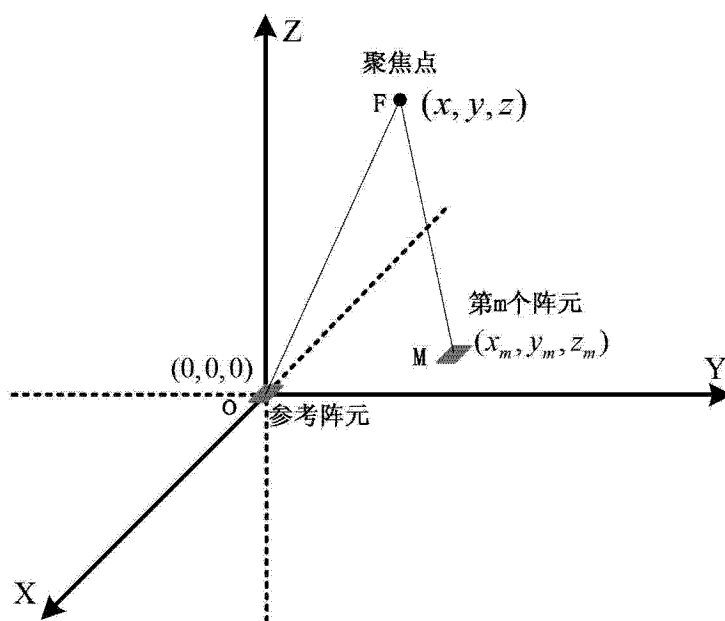


图 6

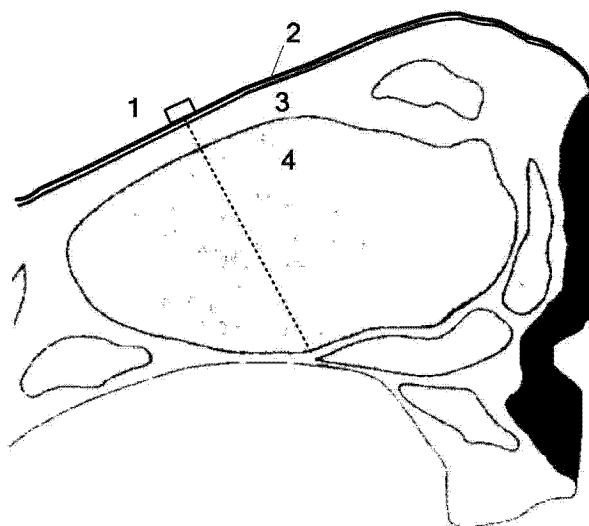


图 7

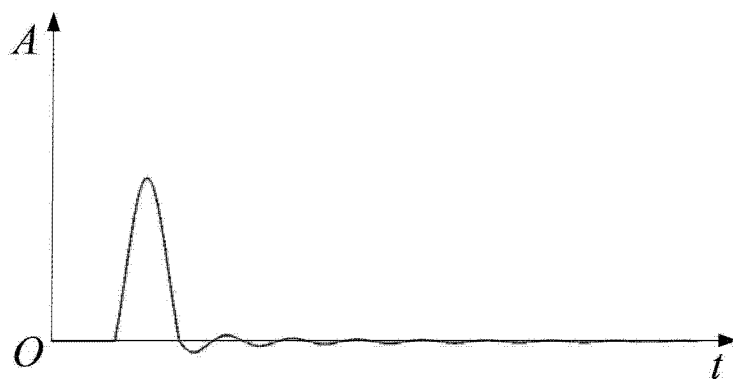


图 8a

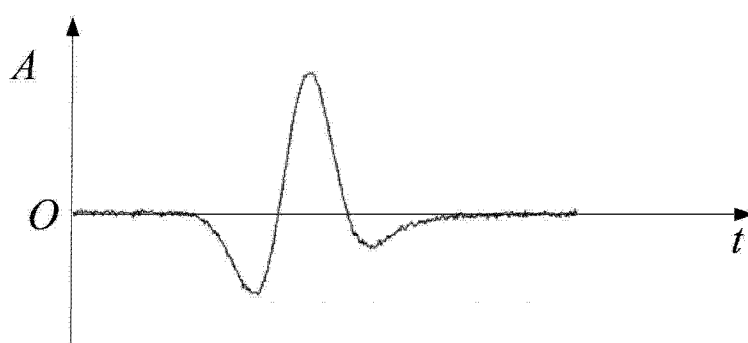


图 8b

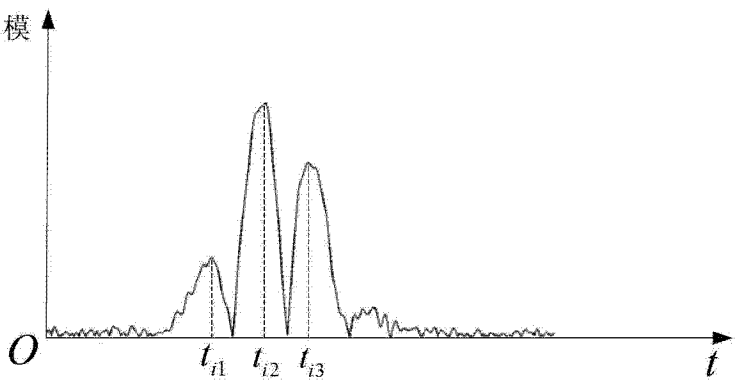


图 8c

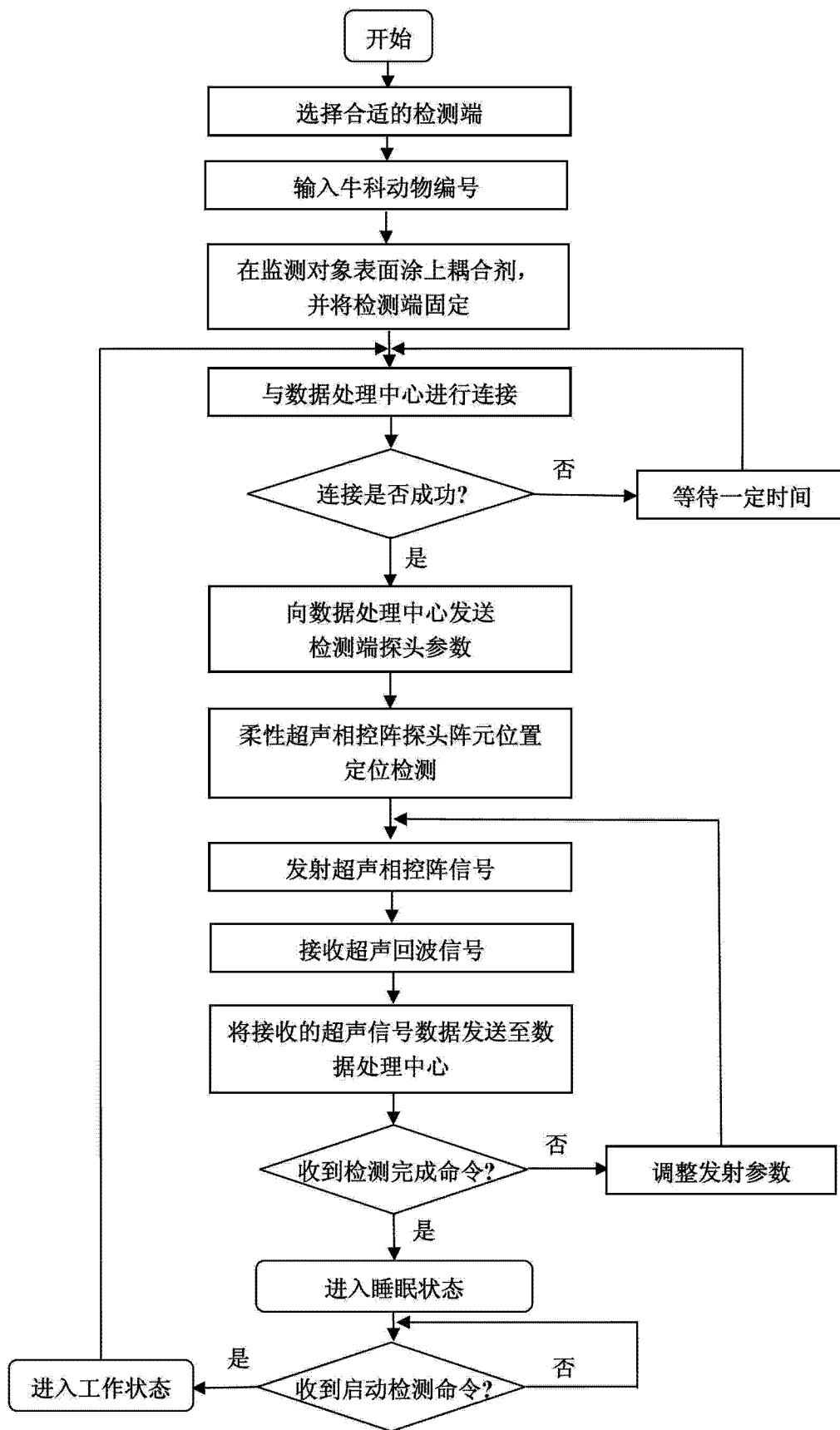


图 9

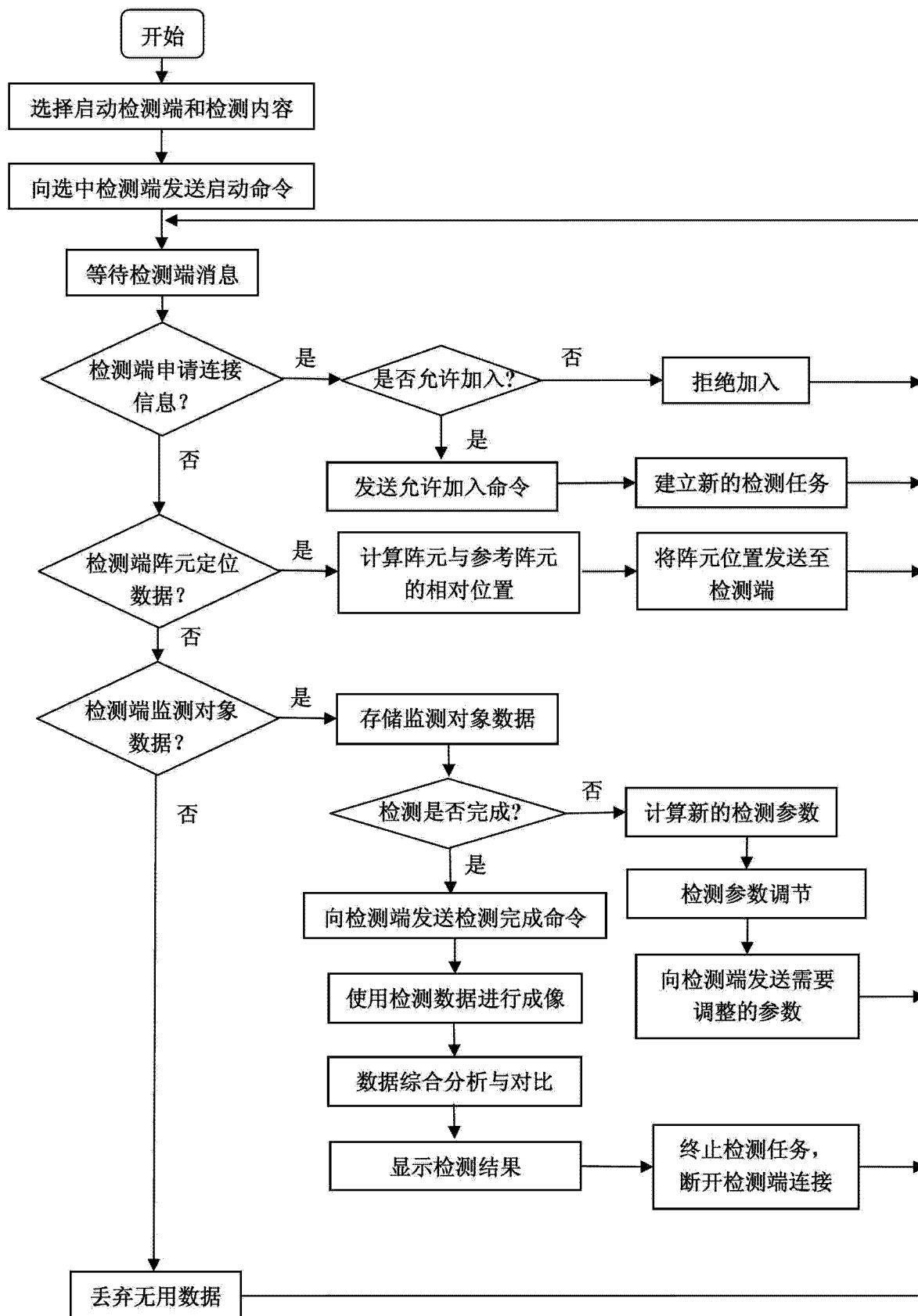


图 10

专利名称(译)	基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测装置与方法		
公开(公告)号	CN102860844A	公开(公告)日	2013-01-09
申请号	CN201210376960.9	申请日	2012-09-29
[标]申请(专利权)人(译)	华南理工大学		
申请(专利权)人(译)	华南理工大学		
当前申请(专利权)人(译)	华南理工大学		
[标]发明人	韦岗 梁可尊 万吉娜 夏娇		
发明人	韦岗 梁可尊 万吉娜 夏娇		
IPC分类号	A61B8/00		
代理人(译)	何淑珍		
其他公开文献	CN102860844B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了基于柔性超声相控阵的牛科动物生长状况监测装置与方法，所述装置包括若干个无线柔性超声相控阵检测端与一个数据处理中心；无线柔性超声相控阵检测端与数据处理中心之间通过无线网络及光纤通信网络进行网络连接和数据通信。所述方法中，无线柔性超声相控阵检测端完成相控超声信号的发射和接收；数据处理中心则根据各个无线柔性超声相控阵检测端的接收信号数据，完成检测参数计算、检测成像、综合分析的数据处理，通过超声相控阵与无线通信模块的集成而实现无线连接、低辐射、高精度的超声检测，同时适用于多种牛科动物、不同检测部位、多检测端的超声检测，具有方便、实用性与可扩展性强的优点。

