

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410011403.2

[51] Int. Cl.

G06F 17/14 (2006.01)

H03M 1/12 (2006.01)

[43] 公开日 2006 年 2 月 8 日

[11] 公开号 CN 1731388A

[22] 申请日 2004.12.30

[21] 申请号 200410011403.2

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130031 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 肖 影 吕增明 郑立男

[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司
代理人 梁爱荣

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

[54] 发明名称

超声信号的数字信号处理方法

[57] 摘要

本发明涉及利用数字信号处理超声信号的方法。将数字超声信号通过提升小波包变换滤波、希尔伯特(Hilbert)变换、正交解调等处理,在合成超声成像的同时进行联合时频分析和特征提取。本发明提出的集成式的数字信号处理构架,可以实时地分析射频信号、解析信号以及正交解调信号。特别地,可以使用联合时频分析技术提取出较传统的快速傅立叶变换更加丰富的有关被测材料完整性与几何特征的重要信息。作为虚拟仪器开发的软件平台,Labwindows/CVI 被用于构筑了基于计算机的上层测试与控制组件。这一系统可以实现基于小波的动态滤波、降噪、下采样、联合时频分析,以及专业的测试与控制。本发明可以应用于材料的无损检测与评估、声纳、距离与速度测量以及医学应用等领域。

-
- 1、超声信号的数字处理方法，其特征在于其步骤如下：
 - a. 首先将数字超声信号通过提升小波包变换滤波后产生超声射频信号；
 - b. 利用希尔伯特（Hilbert）变换将步骤 a 产生的超声射频信号转换成具有其特征的超声解析信号；
 - c. 将步骤 b 产生的超声解析信号通过正交解调产生正交解调信号；
 - d. 步骤 c 产生的正交解调信号再次通过提升小波包变换，产生压缩的正交解调信号；
 - e. 步骤 d 产生的压缩的正交解调信号在进行超声成像的同时进行联合时频分析，得到含有时域和频域的时频信息；
 - f. 将步骤b产生的超声解析信号和步骤 e 时频信息进行特征提取，则完成超声信号的数字处理。

超声信号的数字信号处理方法

技术领域：本发明属于超声信号处理技术，涉及利用数字信号处理（DSP）超声信号的方法。

背景技术：图 1 为超声信号处理的传统模型。由于 AD 转换器的采样速度较低，所以在 AD 转换器前端必须加入抗混叠滤波器。通常这一抗混叠滤波器的设计非常烦琐，它的电路在印刷电路板上占据了相当大的面积，而且设计实现后无法改变，无法适应不同类型的超声应用。特征提取与噪声衰减方面采用傅立叶变换。

图 2 为目前人们采用的一种改进的模型。虽然 AD 转换器的采样速度较高，但是为了提高信噪比并降低抗混叠滤波器设计的复杂度，使用 4 倍甚至更高的过采样率，而提高的采样率带来更大的数据量。为了提取有用信息并降低数据量，人们采用复杂可编程逻辑器件（FPGA）来实现数字滤波和下采样。FPGA 虽具有在线可编程的特点，但是它不可以实时修改，配置并不方便，而且数字滤波器的设计也仍然无法实现自动化。特征提取与噪声衰减方面采用傅立叶变换，缺点是单纯地进行时域或频域的分析对于缺陷特征的识别往往不够充分。

发明内容：为了解决上述背景技术中抗混叠滤波器设计实现后无法改变，无法适应不同类型超声应用的问题；可编程逻辑器件不能实时修改、配置不方便、设计不能自动化，对缺陷特征的识别不充分等问题，本发明将要提出一种集成式的对超声信号的数字信号处理(DSP)

方法。

本发明超声信号的数字处理方法步骤如下：

- a. 首先将超声信号转换成数字超声信号，数字超声信号通过提升小波包变换滤波后产生超声射频信号；
- b. 利用希尔伯特（Hilbert）变换将步骤 a 产生的超声射频信号转换成具有其特征的超声解析信号；
- c. 将步骤 b 产生的超声解析信号通过正交解调产生正交解调信号；
- d. 将步骤 c 产生的正交解调信号再次通过提升小波包变换，产生压缩的正交解调信号；
- e. 将步骤 d 产生的压缩的正交解调信号在进行超声成像的同时进行联合时频分析，得到含有时域和频域的时频信息；
- f. 将步骤b产生的超声解析信号和步骤 e 时频信息进行特征提取，则完成超声信号的数字处理。

本发明的优点：

由于采用了提升小波包变换（WPT），使用正交与双正交小波从有用子带中提取超声信号来进行滤波，小波分解的级次和有用的子带根据采样频率、传感器的中心频率和带宽自动确定，就不再需要设计滤波器，解决了抗混叠滤波器设计实现后无法改变、无法适应不同类型超声应用的问题。小波包变换的最大优点是信号特征的提取非常容易，它在特征提取与噪声衰减方面的性能在许多领域中都胜过了传统的快速傅立叶变换。

由于本发明采用 DSP 构架，将超声信号进行处理，具有高度灵活性，可以实时修改，因而实时性佳，解决了采用可编程逻辑器件不能实时修改、配置不方便、设计不能自动化，对于缺陷特征的识别不充分等问题。特别地，这种架构使用联合时频分析技术，提取被测材料有关超声信号的完整性与几何特征的重要信息较传统的快速傅立叶变换更加丰富。

本发明可以应用于材料的无损检测与评估、声纳、距离与速度测量以及医学应用等领域。

附图说明：

图 1 是背景技术传统超声信号处理的结构示意图

图 2 是背景技术常用的超声信号处理的结构示意图

图 3 是本发明超声信号处理的结构示意图

图 4 是本发明超声测试系统中数字信号处理结构

具体实施方式：

实施例：如图3图4所示包括时间增益补偿电路、A/D转换器、数字信号处理电路、计算机。

时间增益补偿电路包括：可编程逻辑器件、A转换器、可编程增益放大器。可编程逻辑器件采用CPLD可编程逻辑器件；DA转换器采用MAX5110高速DA转换器；可编程增益放大器采用AD604可编程增益放大器。时间增益补偿电路由CPLD经高速DA转换器控制可编程增益放大器来实现。

A/D 转换器：可采用 40Mhz/60MHz 的 A/D 转换器，如：MAX1183。

数字信号处理电路：采用 TI 的 DSP 开发板：TMS320C6701EVM，结构如图 5 所示。

计算机分析软件采用美国国家仪器公司的 Labwindows/CVI 虚拟仪器开发系统。

本发明中：

a. 利用提升小波包变换将数字超声信号分解到二进制子频带，根据传感器超声频带，保留所需二进制子频带信号能量，屏蔽或压制其它频带信号能量，而后再经小波反变换，综合出滤波后信号，即超声射频信号（1）。

b. 以超声射频信号作为实部，超声射频信号经过 Hilbert 变换后的信号作虚部即构成超声解析信号（2），超声解析信号是复信号，只有正频率成分。

Hilbert 变换就是将超声射频信号作 90 度相移，得到超声射频信号的正交信号。定义如下：

$$h(t) = H\{x(t)\} = -\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(\tau)}{t - \tau} d\tau$$

c. 超声解析信号（2）的幅度即构成了超声射频信号（1）的复包络，即正交解调信号（3），所以将步骤 b 产生的超声解析信号（2）取模，即得到超声射频信号（1）的包络，即正交解调信号（3）；

d. 步骤 c 产生的正交解调信号（3）再次通过提升小波包变换，提取低频段信号能量即得到压缩的正交解调信号（4）；

e. 将压缩的正交解调信号（4）的信号幅度以色彩表示，每个扫

描信号即构成一条色彩随幅度变换的线条，上千条扫描线即构成了彩色的超声图像。

利用 Labwindows/CVI 中相关的函数对压缩的正交解调信号（4）进行联合时频分析。联合时频分析将一维的时域信号转变成二维的能量对时间和频率的联合分布。可以将变换结果以 3 维或称之 2.5 维的方式表现出来（能力大小以光强或色彩值表现）。联合时频分析对应于一个信号，是信号能量在时间和频率方面的综合表达。它能准确的判定特征信号的出现时间和对应的频率及其强度。联合时频分析展现了信号的频率成分随时间变换的过程。通过时间和频率域的同时分析我们得到了更丰富的信息。

f. 利用 Labwindows/CVI 中相关的函数提取信号的瞬时频率的方法，完成精确的目标定位，将步骤 b 产生的超声解析信号（2）和步骤 e 时频信息进行特征提取，则完成超声信号的数字处理。

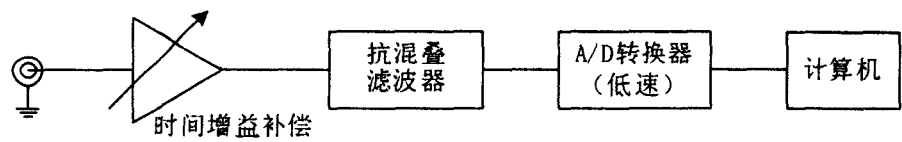


图1

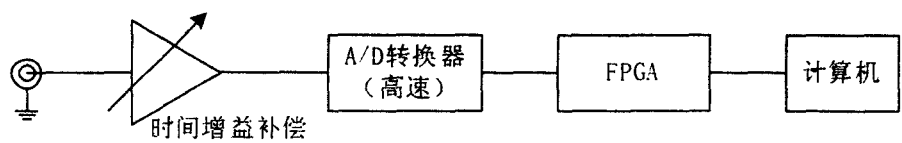


图 2

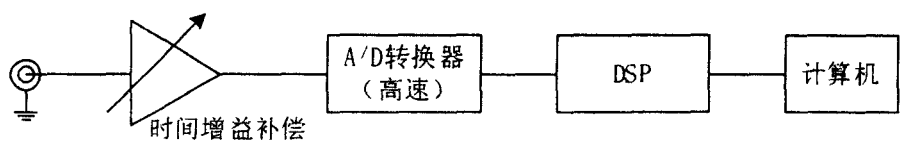


图 3

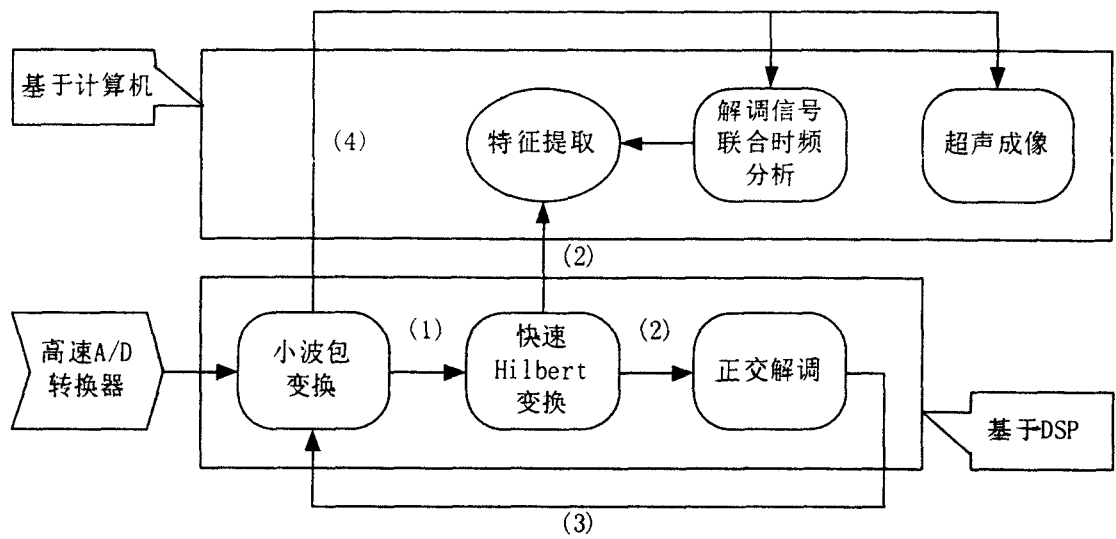


图 4