



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102895001 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 23

(21) 申请号 201210356527. 9

US 6855113 B2, 2005. 02. 15, 全文 .

(22) 申请日 2012. 09. 21

审查员 陈昭阳

(73) 专利权人 飞依诺科技(苏州)有限公司

地址 215123 江苏省苏州市苏州工业园区星湖街 218 号生物纳米园 C8 座 5 楼

(72) 发明人 凌涛

(74) 专利代理机构 广州华进联合专利商标代理有限公司 44224

代理人 陈振

(51) Int. Cl.

A61B 8/06 (2006. 01)

G06F 19/00 (2011. 01)

(56) 对比文件

EP 0189180 B1, 1993. 12. 08, 全文 .

WO 02/007586 A2, 2002. 01. 31, 全文 .

CN 1431602 A, 2003. 07. 23, 全文 .

US 2010/0249590 A1, 2010. 09. 30, 全文 .

JP 特开 2003-265468 A, 2003. 09. 24, 全文 .

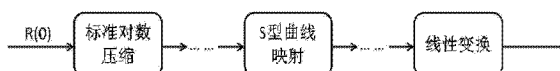
权利要求书3页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法和系统

(57) 摘要

本发明提供了一种超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法和系统。该方法包括如下步骤：对自相关计算得到的血流能量 R(0) 进行对数压缩，得到第一压缩数据；采用 S 型曲线将对数压缩后的第一压缩数据映射到预设范围，得到第二压缩数据；采用线性变换将第二压缩数据映射到待显示范围，得到最终压缩数据。其可以将血流能量值压缩到期望的动态范围，并显著提高血流能量多普勒成像的表现力。



1. 一种超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤 S100,对自相关计算得到的血流能量 $R(0)$ 进行对数压缩,得到第一压缩数据;

步骤 S200,采用 S 型曲线将对数压缩后的第一压缩数据映射到预设范围,得到第二压缩数据;

步骤 S300,采用线性变换将第二压缩数据映射到待显示范围,得到最终压缩数据;

所述 S 型曲线为生长型曲线,包括 Logistic、Gompertz、Bertalanffy 三种类型生长型曲线中的任意一种;

其表达式分别如下所示:

$$\text{Logistic} \quad y = \frac{k}{1 + ae^{-bx}}$$

$$\text{Gompertz} \quad y = ke^{-ae^{-bx}}$$

$$\text{Bertalanffy} \quad y = k(1 - ae^{-bx})^c$$

其中 k 、 a 、 b 、 c 为预设的经验值;

所述步骤 S100 中,所述对数压缩如下式所示:

$$R(0)_1 = \log_{10}(R(0)+1)$$

其中 $R(0)$ 是自相关计算得到的血流能量数据, $R(0)_1$ 是经过对数压缩后的第一压缩数据;

所述 S 型曲线为 Logistic 曲线,所述对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射表示如下式所示,为:

$$R(0)_2 = \text{round}\left(\frac{k}{1 + ae^{-bR(0)_1}}\right)$$

或者

所述 S 型曲线为 Gompertz 曲线,所述对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射表示如下式所示,为:

$$R(0)_2 = \text{round}(ke^{-ae^{-bR(0)_1}})$$

或者

所述 S 型曲线为 Bertalanffy 曲线,所述对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射表示如下式所示,为:

$$R(0)_2 = \text{round}(k(1 - ae^{-bR(0)_1})^c)$$

其中 $R(0)_1$ 是经过对数压缩后的第一压缩数据, $R(0)_2$ 是映射后的第二压缩数据;通过 k 的控制将 $R(0)_1$ 映射到 $[0, k]$, k 的值取决于预设 $R(0)_2$ 的位数,如果位数为 n ,则 $k=2^n - 1$; $\text{round}()$ 表示对括号中的数据进行四舍五入操作。

2. 根据权利要求 1 所述的超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法,其特征在于,所述步骤 S300 包括如下步骤:

设经过步骤 S200 处理后第一压缩数据被映射到 $[0, M2]$,待显示的数据范围是 $[0, M3]$,则该线性变换的公式为:

$$R(0)_3 = R(0)_2 * \frac{M3}{M2}。$$

3. 一种超声彩色血流成像动态范围压缩处理系统,其特征在於,包括对数压缩模块,第一映射模块和第二映射模块,其中:

所述对数压缩模块,用于对自相关计算得到的血流能量 $R(0)$ 进行对数压缩,得到第一压缩数据;

所述第一映射模块,用于采用 S 型曲线将对数压缩后的第一压缩数据映射到预设范围,得到第二压缩数据;

所述第二映射模块,用于采用线性变换将第二压缩数据映射到待显示范围,得到最终压缩数据;

所述 S 型曲线为生长型曲线,包括 Logistic、Gompertz、Bertalanffy 三种类型生长型曲线中的任意一种;

其表达式分别如下所示:

$$\text{Logistic} \quad y = \frac{k}{1 + ae^{-bx}}$$

$$\text{Gompertz} \quad y = ke^{-ae^{-bx}}$$

$$\text{Bertalanffy} \quad y = k(1 - ae^{-bx})^c$$

其中 k 、 a 、 b 、 c 为预设的经验值;

所述对数压缩如下式所示:

$$R(0)_1 = \log_{10}(R(0)+1)$$

其中 $R(0)$ 是自相关计算得到的血流能量数据, $R(0)_1$ 是经过对数压缩后的第一压缩数据;

所述 S 型曲线为 Logistic 曲线,所述对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射表示如下式所示,为:

$$R(0)_2 = \text{round}\left(\frac{k}{1 + ae^{-bR(0)_1}}\right)$$

或者

所述 S 型曲线为 Gompertz 曲线,所述对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射表示如下式所示,为:

$$R(0)_2 = \text{round}(ke^{-ae^{-bR(0)_1}})$$

或者

所述 S 型曲线为 Bertalanffy 曲线,所述对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射表示如下式所示,为:

$$R(0)_2 = \text{round}(k(1 - ae^{-bR(0)_1})^c)$$

其中 $R(0)_1$ 是经过对数压缩后的第一压缩数据, $R(0)_2$ 是映射后的第二压缩数据;通过 k 的控制将 $R(0)_1$ 映射到 $[0, k]$, k 的值取决于预设 $R(0)_2$ 的位数,如果位数为 n ,则 $k=2^n - 1$;

round() 表示对括号中的数据进行四舍五入操作。

4. 根据权利要求 3 所述的超声彩色血流成像动态范围压缩处理系统,其特征在於,设经过处理后第一压缩数据被映射到 $[0, M2]$,待显示的数据范围是 $[0, M3]$,则该线性变换的公式为:

$$R(0)_3 = R(0)_2 * \frac{M3}{M2}。$$

超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及信号与图像处理技术领域,特别是涉及一种应用于医疗器械行业尤其是超声诊断仪器中的一种超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法和系统。

背景技术

[0002] 超声成像因为其无创性、实时性、操作方便、价格便宜等诸多优势,使其成为临床上应用最为广泛的诊断工具之一。超声成像最主要的两种功能模式:分别是黑白(B)模式和彩色(CF)模式,B模式根据组织不同深度的反射信号强度进行成像,反射信号强度越大则图像灰度值越大,反之则图像灰度值越小;CF模式则计算由于多普勒效应引起的超声信号频移,通过频移得到血流速度并用不同的颜色(红、蓝)和深浅表示,从而得到实时的彩色血流图像,该彩色血流图像最终附加在B模式图像上一起显示。

[0003] 超声彩色血流成像通常分为速度模式和能量模式,自相关技术是最早也是目前最常用的计算血流速度和能量的方法。其计算公式如下式(1)、(2)、(3)所示:

$$[0004] \quad N = \sum_{n=1}^{PS-1} I_n Q_{n+1} - I_{n+1} Q_n \quad (1)$$

$$[0005] \quad D = \sum_{n=1}^{PS-1} I_n I_{n+1} + Q_n Q_{n+1} \quad (2)$$

$$[0006] \quad R(0) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{PS-1} I_n^2 + Q_n^2 + I_{n+1}^2 + Q_{n+1}^2 \quad (3)$$

[0007] 其中 I 和 Q 分别是超声多普勒血流信号的同相分量和正交分量,R(0) 是血流多普勒信号的能量大小(血流能量),PS 是对同一扫描线重复扫描的次数,为保证一定的帧频和计算精度,PS 的取值范围通常在 8~16 之间。上式中得到的 N、D 可通过以下公式(4)计算多普勒频移:

$$[0008] \quad \bar{f} = \frac{1}{2\pi T} \tan^{-1}\left(\frac{N}{D}\right) \quad (4)$$

[0009] 其中,T 是脉冲重复频率的倒数, \bar{f} 为平均多普勒频移,与血流速度成正比,该值即可用于速度模式的成像。通过自相关运算得到的 R(0) 反映的是血流多普勒信号的能量大小(血流能量),该值即用于能量多普勒成像(PDI)。此外,还可以利用 N、D、R(0) 计算湍流或方差,其公式如式(5):

$$[0010] \quad \sigma^2 = \frac{2}{(2\pi T)^2} \left(1 - \frac{\sqrt{N^2 + D^2}}{R(0)}\right) \quad (5)$$

[0011] 图 1 所示为现有技术中超声多普勒血流信号处理的简化流程示意图,I/Q 信号首先经过壁滤波处理去除静止或缓慢蠕动的组织信号,然后进行自相关运算得到 N、D、R(0),再计算出血流速度、能量、方差,最后送到终端显示器进行显示。

[0012] 由自相关方法计算得到的血流能量 R(0) 具有较大的动态范围,通常超过目前显示器所能支持的动态范围,因此需要先进行动态范围压缩以适应显示器的动态范围。

[0013] 在血流能量多普勒成像中,通常认为能量值非常低的为组织,不进行彩色显示,因此需设置一个低能量阈值,将小于该阈值的能量值全部映射为 0;同时还需设置一个高能量阈值,将大于该阈值的能量值全部映射为系统指定的最大值 MAX(如 6bit 对应 63);然后将低阈值和高阈值之间的能量值映射到 0~MAX 之间,通常这部分即是被关注的血流能量值。

[0014] 现有技术中,对数压缩是超声成像领域常用的一种超声图像动态范围压缩处理方法,也适用于彩色血流成像,但对数压缩还不足以将数据压缩到期望的动态范围内,难以得到令人满意的效果。

发明内容

[0015] 为了解决现有技术中存在的问题,本发明提供一种超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法和系统,其可以将血流能量值压缩到期望的动态范围,显著提高血流能量多普勒成像的表现力。

[0016] 为实现本发明目的而提供的一种超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法,包括如下步骤:

[0017] 步骤 S100,对自相关计算得到的血流能量 $R(0)$ 进行对数压缩,得到第一压缩数据;

[0018] 步骤 S200,采用 S 型曲线将对数压缩后的第一压缩数据映射到预设范围,得到第二压缩数据;

[0019] 步骤 S300,采用线性变换将第二压缩数据映射到待显示范围,得到最终压缩数据。

[0020] 较优地,作为一可实施例,所述步骤 S100 中,所述对数压缩如下式所示:

$$[0021] \quad R(0)_1 = \log_{10}(R(0)+1)$$

[0022] 其中 $R(0)$ 是自相关计算得到的血流能量数据, $R(0)_1$ 是经过对数压缩后的第一压缩数据。

[0023] 较优地,作为一可实施例,所述 S 型曲线为生长型曲线,包括 Logistic、Gompertz、Bertalanffy 三种类型生长型曲线中的任意一种;

[0024] 其表达式分别如下所示:

$$[0025] \quad \text{Logistic } y = \frac{k}{1 + ae^{-bx}}$$

$$[0026] \quad \text{Gompertz } y = ke^{-ae^{-bx}}$$

$$[0027] \quad \text{Bertalanffy } y = k(1 - ae^{-bx})^c$$

[0028] 其中 k 、 a 、 b 、 c 为预设的经验值。

[0029] 较优地,作为一可实施例,所述 S 曲线为 Logistic 曲线,所述对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射表示如下式所示,为:

$$[0030] \quad R(0)_2 = \text{round}\left(\frac{k}{1 + ae^{-bR(0)_1}}\right)$$

[0031] 或者

[0032] 所述 S 曲线为 Gompertz 曲线,所述对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射表

示如下式所示,为:

$$[0033] \quad R(0)_2 = \text{round}(ke^{-ae^{-bR(0)_1}})$$

[0034] 或者所述 S 曲线为 Bertalanffy 曲线,所述对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射表示如下式所示,为:

$$[0035] \quad R(0)_2 = \text{round}(k(1 - ae^{-bR(0)_1})^c)$$

[0036] 其中 $R(0)_1$ 是经过对数压缩后的第一压缩数据, $R(0)_2$ 是映射后的第二压缩数据;通过 k 的控制将 $R(0)_1$ 映射到 $[0, k]$, k 的值取决于预设 $R(0)_2$ 的位(bit)数,如果位数为 n ,则 $k=2^n - 1$; $\text{round}()$ 表示对括号中的数据进行四舍五入操作。

[0037] 较优地,作为一可实施例,所述步骤 S300 包括如下步骤:

[0038] 设经过步骤 S200 处理后第一压缩数据被映射到 $[0, M2]$,待显示的数据范围是 $[0, M3]$,则该线性变换的公式为:

$$[0039] \quad R(0)_3 = R(0)_2 * \frac{M3}{M2}$$

[0040] 为实现本发明目的还提供一种超声彩色血流成像动态范围压缩处理系统,包括对数压缩模块,第一映射模块和第二映射模块,其中:

[0041] 所述对数压缩模块,用于对自相关计算得到的血流能量 $R(0)$ 进行对数压缩,得到第一压缩数据;

[0042] 所述第一映射模块,用于采用 S 型曲线将对数压缩后的第一压缩数据映射到预设范围,得到第二压缩数据。

[0043] 所述第二映射模块,用于采用线性变换将第二压缩数据映射到待显示范围,得到最终压缩数据。

[0044] 较优地,作为一可实施例,所述对数压缩如下式所示:

$$[0045] \quad R(0)_1 = \log_{10}(R(0)+1)$$

[0046] 其中 $R(0)$ 是自相关计算得到的血流能量数据, $R(0)_1$ 是经过对数压缩后的第一压缩数据。

[0047] 较优地,作为一可实施例,所述 S 型曲线为生长型曲线,包括 Logistic、Gompertz、Bertalanffy 三种类型生长型曲线中的任意一种;

[0048] 其表达式分别如下所示:

$$[0049] \quad \text{Logistic } y = \frac{k}{1 + ae^{-bx}}$$

$$[0050] \quad \text{Gompertz } y = ke^{-ae^{-bx}}$$

$$[0051] \quad \text{Bertalanffy } y = k(1 - ae^{-bx})^c$$

[0052] 其中 k 、 a 、 b 、 c 为预设的经验值。

[0053] 较优地,作为一可实施例,所述 S 曲线为 Logistic 曲线,所述对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射表示如下式所示,为:

$$[0054] \quad R(0)_2 = \text{round}\left(\frac{k}{1 + ae^{-bR(0)_1}}\right)$$

[0055] 或者

[0056] 所述 S 曲线为 Gompertz 曲线,所述对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射表示如下式所示,为:

$$[0057] \quad R(0)_2 = \text{round}(ke^{-ae^{-bR(0)_1}})$$

[0058] 或者

[0059] 所述 S 曲线为 Bertalanffy 曲线,所述对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射表示如下式所示,为:

$$[0060] \quad R(0)_2 = \text{round}(k(1 - ae^{-bR(0)_1})^c)$$

[0061] 其中 $R(0)_1$ 是经过对数压缩后的第一压缩数据, $R(0)_2$ 是映射后的第二压缩数据;通过 k 的控制将 $R(0)_1$ 映射到 $[0, k]$, k 的值取决于预设 $R(0)_2$ 的位(bit)数,如果位数为 n,则 $k=2^n-1$;round() 表示对括号中的数据进行四舍五入操作。

[0062] 较优地,作为一可实施例,设经过处理后第一压缩数据被映射到 $[0, M2]$,待显示的数据范围是 $[0, M3]$,则该线性变换的公式为:

$$[0063] \quad R(0)_3 = R(0)_2 * \frac{M3}{M2}。$$

[0064] 本发明的有益效果是:本发明的超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法和系统,其通过将动态范围压缩分步进行,并根据能量多普勒成像的特点引入生长型曲线的映射方法,将血流能量值压缩到期望的动态范围,使得后续的处理(如对数压缩处理后的空间平滑滤波和线性插值)效果更好,血流能量动态范围的控制更为灵活,血流能量多普勒成像的表现力更丰富。

附图说明

[0065] 以下结合具体附图及具体实施例,对本发明进行进一步详细说明。

[0066] 图 1 是现有技术超声多普勒血流信号处理的简化流程示意图;

[0067] 图 2 是本发明实施例超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法流程示意图;

[0068] 图 3(a)~3(c) 是本发明实施例的 Logistic 曲线、Gompertz 曲线及 Bertalanffy 曲线在一组参数下的图形示意图;

[0069] 图 4 是以 Bertalanffy 曲线进行映射的一示意图;

[0070] 图 5 是以 Bertalanffy 曲线进行映射的又一示意图;

[0071] 图 6 是以 Bertalanffy 曲线进行映射的另一示意图;

[0072] 图 7 是以 Bertalanffy 曲线进行映射的再一示意图;

[0073] 图 8 是本发明实施例中以查找表方法实现映射的一可实施方式示意图。

具体实施方式

[0074] 参见图 1~图 3,本发明实施例的一种超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法,包括如下步骤:

[0075] 步骤 S100,对自相关计算得到的血流能量 $R(0)$ 进行对数压缩,得到第一压缩数据;

[0076] 步骤 S200,采用 S 型曲线将对数压缩后的第一压缩数据映射到预设范围,得到第二压缩数据。

[0077] 所述预设范围是由整个超声彩色血流后处理系统决定,比如要求 6 位(bit),那么就是 $0 \sim 63$,比如要求 8 位(bit),那么就是 $0 \sim 255$,其取决于整个处理系统的要求。

[0078] 较佳地,本发明实施例的一种超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法,还包括如下步骤:

[0079] 步骤 S300,采用线性变换将第二压缩数据映射到待显示范围,得到最终压缩数据。

[0080] 本发明实施例的超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法,可根据需要将血流能量压缩到期望的动态范围内,显著提高血流能量多普勒成像的表现力。

[0081] 图 2 所示为本发明实施例的动态范围压缩处理方法的流程图。

[0082] 其中,步骤 S100 中,先对自相关计算得到的血流能量 $R(0)$ 进行对数压缩,减小数据的动态范围,得到第一压缩数据;

[0083] 步骤 S200 中,采用 S 型曲线将对数压缩后的第一压缩数据映射到预设范围,得到第二压缩数据。较佳地,作为一种可实施方式,本发明实施例所采用的 S 型曲线为生长型曲线,包括 Logistic、Gompertz、Bertalanffy 三种类型生长型曲线中的任意一种;

[0084] 步骤 S300 中,采用线性变换将第二压缩数据映射到待显示的范围,得到最终压缩数据。较佳地,如果步骤 S200 中第二压缩数据映射到的预设范围与步骤 S300 中的待显示范围相同,则步骤 S300 可省略。

[0085] 较佳地,作为一种可实施方式,所述步骤 S100 的对数压缩和步骤 S200 中 S 型曲线映射之间,还包括如下步骤:

[0086] 步骤 S100',对第一压缩数据进行空间平滑滤波和线性插值处理。

[0087] 所述对数据进行空间平滑滤波和线性插值是现有技术,因此,在本发明实施例中,不再一一详细描述。

[0088] 其中,作为一种可实施方式,所述步骤 S100 中,所述对数压缩可表示为如式(5)所示:

$$[0089] \quad R(0)_1 = \log_{10}(R(0)+1) \quad (5)$$

[0090] 其中 $R(0)$ 是自相关计算得到的血流能量数据, $R(0)_1$ 是经过对数压缩后的第一压缩数据。

[0091] 设 $R(0)$ 的范围是 $[0, 10^{10}]$,则经过对数压缩后的第一压缩数据范围是 $[0, 10]$ 。

[0092] 本发明实施例,通过对数压缩极大的减小了数据的动态范围,而且使得后续的空间平滑滤波和线性插值具有更好的处理效果。

[0093] 步骤 S200 所采用的生长型曲线是一种用来描述或预测人口增长和动物、微生物种群增长以及细胞增长过程的模型,生长型曲线是一种典型的 S 型曲线,适合于血流能量多普勒成像的动态范围压缩。较佳地,本发明实施例采用三类生长型曲线分别是 Logistic 曲线、Gompertz 曲线及 Bertalanffy 曲线,其表达式分别如式(6)、(7)、(8)所示:

$$[0094] \quad \text{Logistic } y = \frac{k}{1 + ae^{-bx}} \quad (6)$$

$$[0095] \quad \text{Gompertz } y = ke^{-ae^{-bx}} \quad (7)$$

$$[0096] \quad \text{Bertalanffy } y = k(1 - ae^{-bx})^c \quad (8)$$

[0097] 其中 k 、 a 、 b 、 c 为预设的经验值。这些参数取决于彩超系统的发射接收以及不同

的应用条件而预设,并在实际应用过程中,因为用户调节了其他的参数(比如发射能量、增益等)而相应的改变。

[0098] 图 3(a)~3(c) 所示分别为这三类曲线在一组参数下的图形。

[0099] 以 Bertalanffy 曲线为例,该曲线的形状由 4 个参数控制,分别为 k, a, b, c ,当其他三个参数 a, b, c 保持不变的时候, k 控制 y 值的范围为 $k \geq y \geq 0$,即将 x 映射到 $[0, k]$,如图 4 所示(其中: $a = 1, b=2, c=60, k$ 从上到下依次取 100、90、80、70、60)。

[0100] 参数 a, b, c 控制低阈值和高阈值的大小。当 a 增大时,低阈值和高阈值均增大或右移,如图 5 所示($k=100, b=2, c=60, a$ 从左到右依次取 0.1、0.2、0.4、0.6、1.0);当 b 增大时,低阈值和高阈值均减小或左移,且高阈值减小的速度相对更快,如图 6 所示($k=100, a=1, c=60, b$ 从左到右依次取 4、3.5、3、2.5、2);当 c 增大时,低阈值和高阈值均增大或右移,如图 7 所示($k=100, a = 1, b=2, c$ 从左到右依次取 20、40、60、80、100)。因此可通过调节 a, b, c 控制低阈值和高阈值的大小,从而控制曲线的整体形状。对于 Logistic 曲线和 Gompertz 曲线,也是通过 k 控制 x 映射到 y 的值的范围,通过调节 a, b 控制低阈值和高阈值的大小,从而控制曲线的整体形状。

[0101] 较佳地,作为一种可实施方式,利用 Logistic 曲线对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射可表示如式(9)所示,为:

$$[0102] \quad R(0)_2 = \text{round}\left(\frac{k}{1 + ae^{-bR(0)_1}}\right) \quad (9)$$

[0103] 较佳地,作为一种可实施方式,利用 Gompertz 曲线对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射可表示如式(10)所示,为:

$$[0104] \quad R(0)_2 = \text{round}(ke^{-ae^{-bR(0)_1}}) \quad (10)$$

[0105] 较佳地,作为一种可实施方式,利用 Bertalanffy 曲线对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射可表示如式(11)所示,为:

$$[0106] \quad R(0)_2 = \text{round}(k(1 - ae^{-bR(0)_1})^c) \quad (11)$$

[0107] 其中 $R(0)_1$ 是经过对数压缩后的第一压缩数据, $R(0)_2$ 是映射后的第二压缩数据。通过 k 的控制将 $R(0)_1$ 映射到 $[0, k]$, k 的值取决于预设 $R(0)_2$ 的位(bit)数,如果位数为 n ,则 $k=2^n - 1$,如 6bit 则对应 63。;round() 表示对括号中的数据进行四舍五入操作,因此 $R(0)_1$ 实际上被映射到 $[0, k]$ 之间的整数。

[0108] 通过 a, b, c 控制低阈值和高阈值的大小,使曲线上小于低阈值的数全部映射为最小值 0,大于高阈值的数全部映射为最大值 k ,介于低阈值和高阈值之间的数则被映射到 $(0, k)$ 。

[0109] 设需要将 $R(0)$ 中小于 LowThresh 的值全部置为 0,将 $R(0)$ 中大于 HighThresh 的值全部置为最大值,经过步骤 S100 的对数压缩后,对 Bertalanffy 曲线而言则将小于低阈值 $\log\text{LowThresh}$ 的值全部置为 0,将大于高阈值 $\log\text{HighThresh}$ 的值全部置为最大值,其中

$$[0110] \quad \log\text{LowThresh} = \log_{10}(\text{LowThresh} + 1)$$

$$[0111] \quad \log\text{HighThresh} = \log_{10}(\text{HighThresh} + 1)$$

[0112] 可通过调节 a, b, c 的值控制低阈值和高阈值的大小。

[0113] 步骤 S300 中通过线性变换将第二压缩数据映射到待显示的范围,得到最终压缩数据。

[0114] 作为一种可实施方式, 较佳地, 设经过步骤 S200 处理后第一压缩数据被映射到 $[0, M_2]$, 待显示的数据范围是 $[0, M_3]$, 则该线性变换如式 (10) 所示, 为:

$$[0115] \quad R(0)_3 = R(0)_2 * \frac{M_3}{M_2} \quad (10)$$

[0116] 如果 $M_3 = M_2$, 则步骤 S300 可省略。

[0117] 较佳地, 作为另一种可实施方式, 步骤 S200 中, 所述采用 S 型曲线将第一压缩数据映射到预设范围, 可以采用查找表的方法实现映射, 以减少计算量, 比如经过对数压缩后的浮点型数据, 可根据其指数和尾数构建查找表。

[0118] 以 32 位单精度浮点型数据构建 Bertalanffy 曲线映射的查找表为例, 首先将 32 位单精度浮点型数据转化为 16 位浮点型数据, 其对应的指数位是 4 位 (14:11), 可表示的数的范围是 $-8 \sim 7$, 尾数位是 11 位 (10:0), 可表示的数的范围是 $0 \sim 2048$, 算上符号位, 16 位浮点型数据可表示的数的范围是 $-128 \sim 128$, 可完全覆盖经对数压缩后的血流能量值。

[0119] 图 8 所示为构建查找表的一个示例, 该曲线的参数取值分别为 $k=63, a=0.2, b=1.5, c=100$ 。图 8 中横坐标代表查找表的索引, 纵坐标代表该索引对应的值。该曲线将 $R(0)_1$ 中小于 1 (对应 $R(0)$ 中小于 10) 的值全部映射为 0, 将 $R(0)_1$ 中大于 5 (对应 $R(0)$ 中大于 105) 的值全部映射为 63。生成查找表后, 根据 $R(0)_1$ 的指数和尾数即可直接从表中查找出经过该曲线映射后的值, 比如指数为 E, 尾数为 M, 则对应的索引为 $(E+8)*2048+M$ 。

[0120] 实际应用中, 曲线的参数可根据系统的状态和不同的应用进行优化, 并设置不同的等级供选择。

[0121] 本发明仅以 Bertalanffy 曲线作为最优选择进行示例, 其他两种类型的生长型曲线及其变换形式同样也适用于该方法。

[0122] 基于同一发明构思, 本发明实施例还提供一种超声彩色血流成像动态范围压缩处理系统, 包括对数压缩模块, 第一映射模块和第二映射模块, 其中:

[0123] 所述对数压缩模块, 用于对自相关计算得到的血流能量 $R(0)$ 进行对数压缩, 得到第一压缩数据;

[0124] 所述第一映射模块, 用于采用 S 型曲线将对数压缩后的第一压缩数据映射到预设范围, 得到第二压缩数据;

[0125] 所述第二映射模块, 用于采用线性变换将第二压缩数据映射到待显示范围, 得到最终压缩数据。

[0126] 较佳地, 作为一种可实施方式, 本发明实施例所采用的 S 型曲线为生长型曲线, 包括 Logistic、Gompertz、Bertalanffy 三种类型生长型曲线中的任意一种;

[0127] 较佳地, 作为一种可实施方式, 所述对数压缩可表示为如式 (5) 所示。

[0128] 较佳地, 作为一种可实施方式, 对经过对数压缩后的第一压缩数据进行映射可表示为如式 (9)、(10)、(11) 所示。

[0129] 本发明实施例的超声彩色血流成像动态范围压缩处理系统, 其工作过程与本发明实施例所述的超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法相同, 因此, 在本发明实施例中不再重复描述。

[0130] 本发明实施例的超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法和系统, 其通过将动态

范围压缩分步进行,并根据能量多普勒成像的特点引入生长型曲线的映射方法,将血流能量值压缩到期望的动态范围,使得后续的处理(如对数压缩后的空间平滑滤波和线性插值)效果更好,血流能量动态范围的控制更为灵活,血流能量多普勒成像的表现力更丰富。

[0131] 最后,需要说明的是,在本专利文件中,诸如第一、第二等之类的关系术语仅仅用于将一个实体或者操作与另一个实体或者操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何关系或者顺序。而且,在本专利文件中,术语“包括”、“包含”或者任何其他变体,其意在涵盖而非排他性包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备,不仅包括这些要素,而且还包括没有明确列出而本领域技术人员能够知晓的其他要素,或者还包括为这些过程、方法、物品或者设备所公知的必不可少的要素。

[0132] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

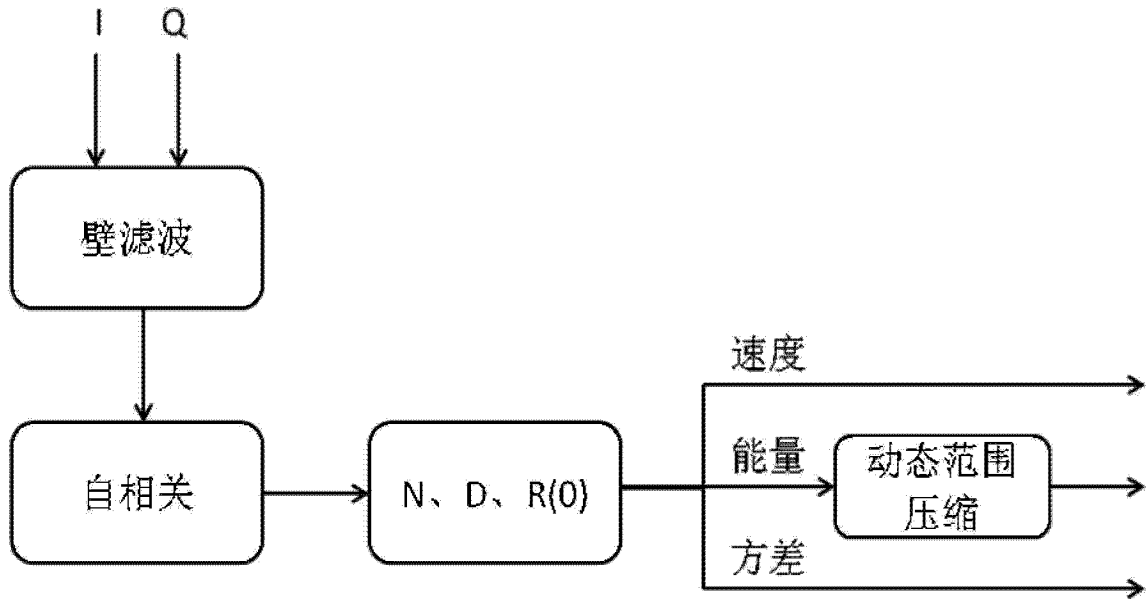
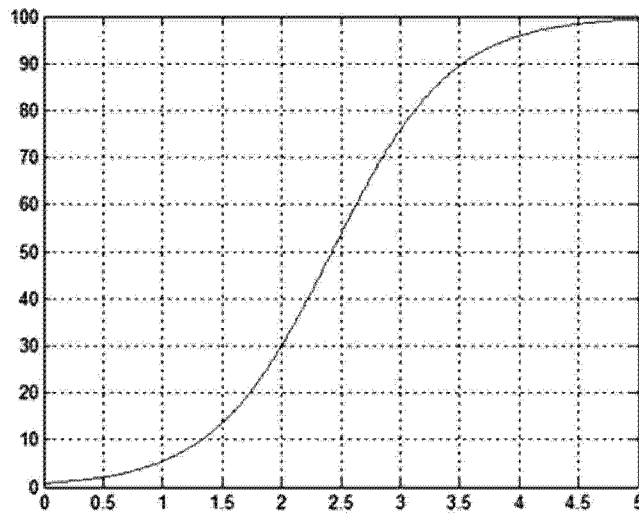


图 1

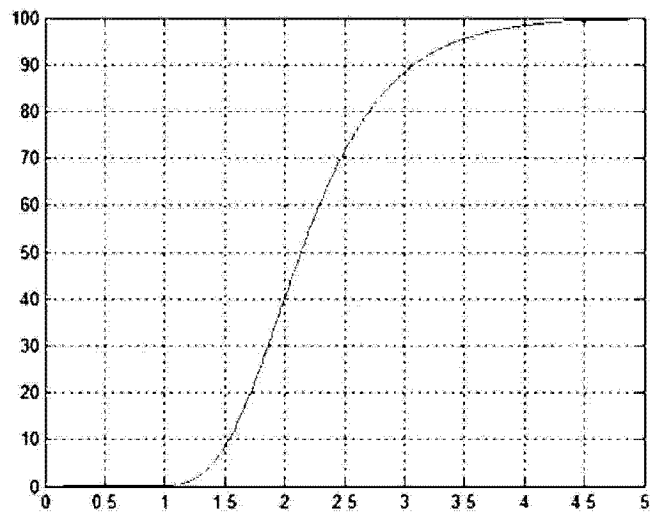


图 2



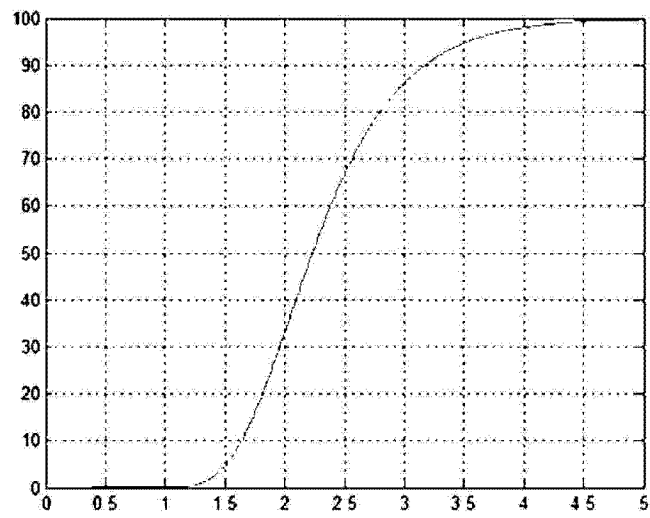
Logistic (k=100,a=128,b=2)

图 3(a)



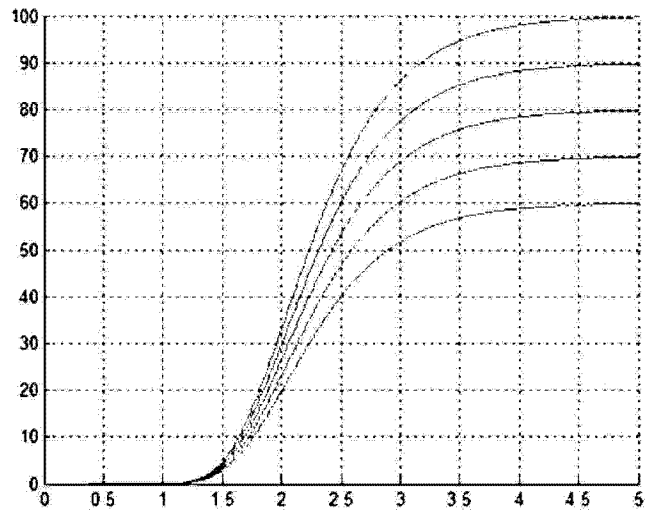
Gompertz (k=100,a=50,b=2)

图 3(b)



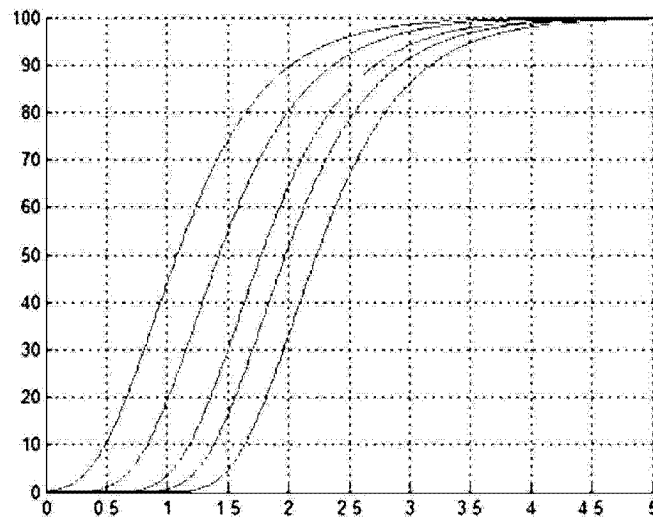
Bertalanffy (k=100,a=1,b=2,c=60)

图 3(c)



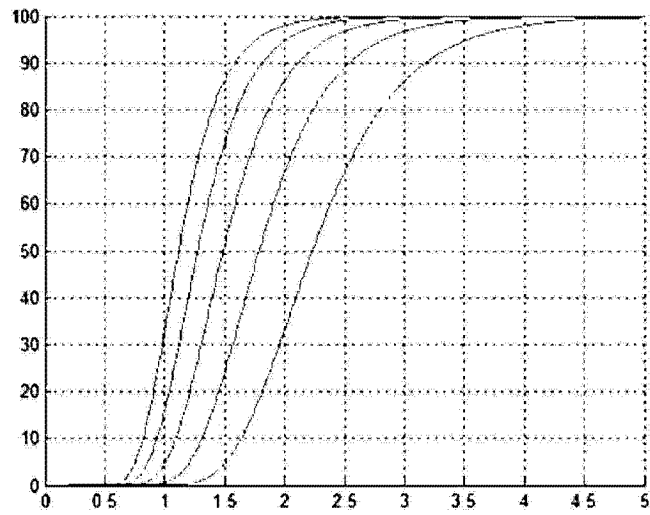
Bertalanffy ($a=1, b=2, c=60, k$ 从上到下依次取100、90、80、70、60)

图 4



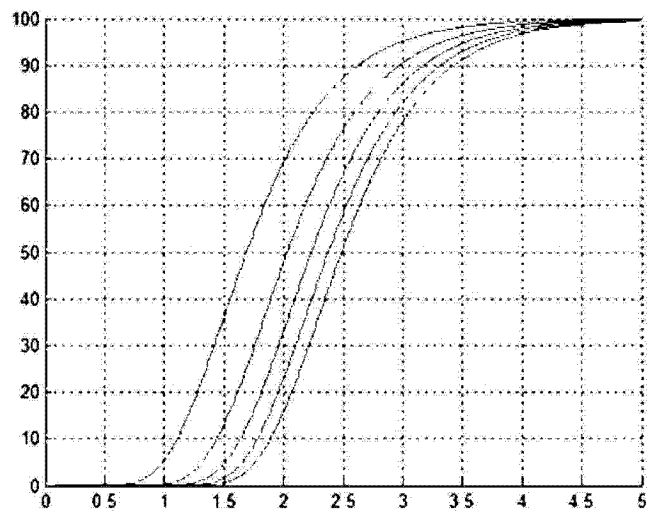
Bertalanffy ($k=100, b=2, c=60, a$ 从左到右依次取0.1、0.2、0.4、0.6、1.0)

图 5



Bertalanffy ($k=100, a=1, c=60, b$ 从左到右依次取4、3.5、3、2.5、2)

图 6



Bertalanffy ($k=100, a=1, b=2, c$ 从左到右依次取20、40、60、80、100)

图 7

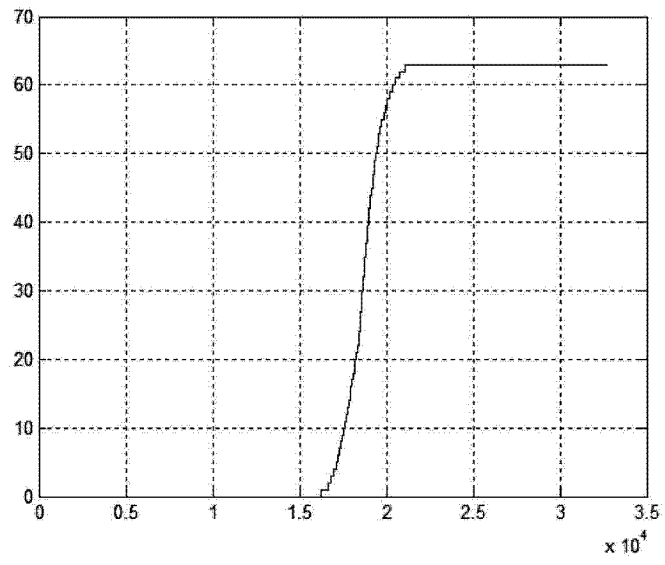


图 8

专利名称(译)	超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法和系统		
公开(公告)号	CN102895001B	公开(公告)日	2014-07-23
申请号	CN201210356527.9	申请日	2012-09-21
[标]申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
[标]发明人	凌涛		
发明人	凌涛		
IPC分类号	A61B8/06 G06F19/00		
代理人(译)	陈振		
审查员(译)	陈昭阳		
其他公开文献	CN102895001A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供了一种超声彩色血流成像动态范围压缩处理方法和系统。该方法包括如下步骤：对自相关计算得到的血流能量 $R(t)$ 进行对数压缩，得到第一压缩数据；采用S型曲线将对数压缩后的第一压缩数据映射到预设范围，得到第二压缩数据；采用线性变换将第二压缩数据映射到待显示范围，得到最终压缩数据。其可以将血流能量值压缩到期望的动态范围，并显著提高血流能量多普勒成像的表现力。

