



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105308985 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 03

(21) 申请号 201480035123. 7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 06. 19

H04R 3/02(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/837, 155 2013. 06. 19 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 12. 18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/043297 2014. 06. 19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/205297 EN 2014. 12. 24

(71) 申请人 创新科技有限公司

地址 新加坡新加坡市

(72) 发明人 史蒂芬·维瑞泰 里弗·袁

伊恩·米内特 罗伯特·里德

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理

有限责任公司 11258

代理人 李晓冬

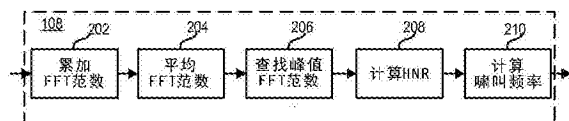
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

声反馈消除器

(57) 摘要

在本发明的实施例中,在不干扰演讲和音乐的情况下消除了啸叫声音。麦克风信号被变换到频域,在频域中使用啸叫噪声比来检测和估计啸叫频率。针对啸叫频率而适应性设计的陷波滤波器被用于消除啸叫。



1. 一种声反馈消除模块,包括:
变换模块,其被配置为将输入音频信号变换到频域;
检测模块,其被配置为检测并估计啸叫频率候选者,该检测是基于啸叫噪声比 (HNR) 的;
滤波器设计模块,其被配置为针对适用的设计来提供滤波器系数,以消除所估计的啸叫频率;以及
滤波器,其与所述音频输入信号串联放置,以消除所估计的啸叫频率。
2. 根据权利要求 1 所述的反馈消除模块,其中,所述啸叫噪声比 (HNR) 包括候选频率的功率与底噪的功率之间的比。
3. 根据权利要求 2 所述的反馈消除模块,其中,所述底噪和所述 HNR 二者均由一阶平滑器进行平滑。
4. 根据权利要求 1 所述的反馈消除模块,其中,FFT 范数被累加并被取平均。
5. 根据权利要求 2 所述的反馈消除模块,其中,所述啸叫检测标准是如下项中的至少一项:所述 HNR 大于 HRN 阈值;HNR 递增;以及在满足阈值标准的 N_HIT 个运行中必须存在至少一个 HNR 跳跃。
6. 根据权利要求 1 所述的反馈消除模块,其中,所述啸叫频率是基于确定具有峰值量级的 FFT bin 范数以及紧接该峰值量级 FFT bin 之前和之后的 FFT bin 的 FFT 范数来计算的。
7. 根据权利要求 1 所述的反馈消除模块,其中,所估计的啸叫频率基于对连续帧的比较。
8. 一种用于抑制不期望的啸叫声音的方法,该方法包括:
接收麦克风信号;
将所述麦克风信号变换到频域;
基于啸叫噪声比 (HNR) 来在所述频域中检测和估计啸叫频率;
针对所述啸叫频率来适应性设计陷波滤波器;以及
从输入的信号中消除所述啸叫频率。
9. 根据权利要求 8 所述的方法,其中,啸叫检测是基于啸叫噪声比 (HNR) 的,该 HNR 包括候选频率的功率与底噪的功率之间的比。
10. 根据权利要求 9 所述的方法,其中,所述底噪和所述 HNR 二者均由一阶平滑器进行平滑。
11. 根据权利要求 10 所述的方法,其中,啸叫检测标准是如下项中的至少一项:所述 HNR 大于 HRN 阈值;HNR 递增;以及在满足阈值标准的 N_HIT 个运行中必须存在至少一个 HNR 跳跃。
12. 根据权利要求 11 所述的方法,其中,在所述啸叫频率 bin 附近内插 3 个 FFT 范数。
13. 根据权利要求 8 所述的方法,其中,FFT 范数被累加并被取平均。
14. 一种音频系统,该音频系统具有基于集成型陷波滤波器的啸叫抑制系统,所述音频系统包括:
麦克风;
变换模块,其被配置为将输入音频信号变换到频域;

检测模块,其被配置为检测和估计啸叫频率候选者,所述检测基于啸叫噪声比 (HNR) ;
滤波器设计模块,其被配置为针对适用的设计来提供滤波器系数,以消除所估计的啸叫频率 ;以及

一组可调节的陷波滤波器,其与所述音频输入信号串联放置,以消除所估计的啸叫频率。

15. 根据权利要求 14 所述的音频系统,其中,该组可调节的陷波滤波器包括至少一个 IIR 滤波器。

16. 根据权利要求 14 所述的音频系统,其中,所述啸叫检测基于啸叫噪声比 (HNR),该 HNR 包括候选频率的功率与底噪的功率之间的比。

声反馈消除器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于 2013 年 6 月 19 日提交的美国临时申请序列号 61/837,155 的优先权,该申请通过引用被整体合并于此。

技术领域

[0003] 本发明在一个实施例中涉及控制音频信号中的声啸叫反馈。

背景技术

[0004] 在公共广播 (public addressing, PA) 或其他音频系统中,如果一个或多个 (扬声器) 与 (一个或多个) 麦克风之间的增益大于一并且它们同相,则会产生令人烦恼的啸叫声。典型地,可以通过手动将麦克风和 / 或扬声器进行重新放置来消除这样的啸叫。替代地,可以通过使用 EQ 滤波器来调整不同音频带内的增益来消除啸叫。然而,这些方法在一些情形中不够方便和 / 或无法实现。例如,如果麦克风和扬声器的位置是固定的和 / 或 EQ 滤波器不可获得,则不能采用上述方法。尽管关于以数字方式消除啸叫存在若干个现有技术描述,但这些现有技术描述在如下一个或多个方面中存在缺陷:不能精确估计啸叫频率,尤其在使用有限数目的快速傅里叶变换 (FFT) 点时,因而未能有效且可靠地消除啸叫;调性音乐信号易被错误地消除;经处理的信号失真;或者经处理的信号太过复杂以至于不能实现于嵌入式系统中,因而比所预期消耗更多的资金或 MIP。所需的是用于处理啸叫声音的改进系统和方法。

发明内容

[0005] 为了实现前述目的,本发明提供了用于快速消除啸叫的有效、可靠、鲁棒且简单的方法。

[0006] 根据一个实施例,来自麦克风的传入时域音频信号通过快速傅里叶变换 (FFT) 被转换到频域。FFT bin 的量级 (magnitude) 或范数 (norm) 被累加并且随后被取平均。具有最大量级的 FFT bin 是啸叫频率候选者。

[0007] 基于啸叫噪声比 (HNR) 来检测啸叫。如果候选啸叫频率处的 HNR 大于阈值并且在 N (在本发明的优选实施例中为 5) 次连续的运行中递增,并且这 N 个连续的运行中的至少一个大于阈值,则检测到啸叫。峰值 FFT bin 以及该峰值 FFT bin 的紧接前一个 FFT bin 和紧接后一个 FFT bin 处的量级用来估计啸叫频率。也就是说,频率稍低的 bin 和频率稍高的 bin 也被用来估计啸叫频率。与具有相同 FFT 点的常规 FFT 相比,新方法显著提高了频率估计精度。例如,此处使用 1024 点 FFT 的啸叫频率估计误差可以低至 +/-1Hz,这等于使用常规方法的 8192 点 FFT 所产生的频率估计误差。一旦检测到啸叫并且估计到啸叫频率,则以啸叫频率作为中心频率的陷波滤波器被插入到音频路径中,从而消除啸叫。所提出的方法已经成功实现于扬声器系统中。

[0008] 下面将参照附图来描述本发明的这些和其他特征及优势。

附图说明

[0009] 图 1 是根据本发明的各个实施例示出陷波滤波器啸叫消除系统的框图。

[0010] 图 2 是根据本发明的各个实施例,进一步示出图 1 的啸叫频率估计框的细节的框图。

[0011] 图 3 是根据本发明的各个实施例,示出啸叫检测和啸叫频率估计方法的流程图。

[0012] 图 4 是根据本发明的各个实施例,示出啸叫检测阈值的调整曲线的图示。

具体实施方式

[0013] 现在将详细参考本发明的优选实施例。附图中示出了优选实施例的示例。尽管将结合这些优选实施例来描述本发明,但应当理解,不意欲将本发明限制于这些优选实施例。相反,意为可以覆盖被包括在所附权利要求所限定的本发明的精神和范围之内的替代、修改和等同。在下文的描述中,提供了一些具体细节,以提供对本发明的全面理解。可以在无需这些具体细节中的一些或全部的情况下实施本发明。在其他实例中,未对所熟知的处理操作进行描述,以免不必要地模糊本发明。

[0014] 本发明的实施例提供了快速消除啸叫声音的有效、可靠、鲁棒且简单的方法。图 1 根据本发明的各个实施例示出了陷波滤波器啸叫消除系统的框图。优选地,时域麦克风信号被加窗(window)、重叠并且通过 N_{FFT} (在本发明的优选实施例中为 1024)点 FFT 被转换为频域数据。随后在频域中检测并估计啸叫频率。一旦找到啸叫频率,便实时(on-the-fly)设计以啸叫频率作为中心频率的陷波滤波器。陷波滤波器随后被插入到音频路径中,因而在时域中消除该啸叫。下面提供针对图 1 的进一步细节。音频输入信号 101 首先被框 102 中的重叠操作进行处理。重叠的量可以变化(常见重叠为 25%、50%和 75%,或者跳大小分别为 75%、50%和 25%),但在优选实施例中,重叠为 75%或者跳大小为 25%。接下来,在框 104 中,所重叠的样本被加窗。各种加窗方法在本领域中是已知的,其用来处理时域信号的样本,并且本发明实施例不限于任何特定的加窗方法。接下来,在框 106 中,对经加窗的数据执行 FFT,以将时域信号转变到频域。在框 108 中,检测啸叫并且估计啸叫频率。使用所估计的啸叫频率,在框 110 中利用在 IIR 滤波器 112 中所设计的滤波器系数来实时设计陷波滤波器,从而消除来自流 101 中的音频的啸叫。

[0015] 为了在框 108 中准确且可靠地估计啸叫频率,在找到具有峰值量级的 FFT bin I_{MAX} 之前,FFT 量级或范数被累加并且随后被取平均。估计 I_{MAX} 附近的功率以及底噪。基于啸叫噪声比(HNR)来确定啸叫频率(图 2)。图 2 是根据本发明的各个实施例,进一步示出图 1 的啸叫检测和啸叫频率估计框 108 的细节的框图。首先,FFT 范数在累加 FFT 范数框 202 中被累加。接下来,在平均 FFT 范数框 204 中,FFT 范数被取平均。在查找峰值 FFT 范数框 206 中识别峰值 FFT 范数。在计算 HNR 框 208 中,首先通过计算候选频率的功率并且计算底噪,以及优选地将 HNR 确定为啸叫功率对平滑底噪的比,来计算啸叫噪声比(HNR)。HNR 被用来在计算啸叫频率框 210 中计算啸叫频率。在图 3 的流程图中将提供关于啸叫频率的检测的进一步细节。

[0016] 图 3 根据本发明的优选实施例,提供了用于在经适当编程的通用计算机或 DSP 处理器(例如包括但不限于嵌入式处理器)中实现的所提出的啸叫检测和啸叫频率方法的流

程图。啸叫检测和啸叫频率估计算法是基于帧的。在每一帧中,麦克风信号的 N_SAMPLE (在本发明实施例中为256)个新样本或者跳大小为 N_SAMPLE 的新样本(步骤302)用 N_FFT-N_SAMPLE (在本发明实施例中为768)个旧样本重叠并且被加窗(步骤304)。而且,在本发明实施例中,采用方形汉宁(Hanning)窗。在步骤306中执行FFT,以将经重叠且经加窗的样本变换到频域。随后在步骤308中累加FFT量级或范数。如果累加了不足数目的帧,则该流程从决策树310行进到开始以获得其他样本(步骤302)。在已经累加了足够帧数的FFT范数的情况下,流程继续。也就是说,在优选的实施例中,对于每 N_FFT_FRAME (在本发明实施例中为3、6、9、12和15)个帧,在步骤312中对所累加的FFT量级进行平均。接下来,在步骤314中,在全部的频率bin间,搜索经平均的FFT量级中具有最大量级的FFT bin I_MAX 。将FFT bin I_MAX 作为候选啸叫频率。也就是说,在决策树步骤316中,如果 I_MAX 与先前 I_MAX 之间的距离小于指定数值 $FFT_HOWLING_DELTA$ (在本发明的优选实施例中为3),则分别在步骤318和320中计算 I_MAX 附近的啸叫频率的功率以及底噪功率。否则,在步骤340中重置计数器HIT。在步骤322中使用公式1通过一阶平滑器来平滑底噪:

$$[0017] \quad nflr(n+1) = (1-a)nflr(n) + aP_{noise} \quad (\text{公式 1})$$

[0018] 在本发明实施例中,使平滑因子 α 为0.01,但在不背离本发明的精神和概念的情况下,也可以使用其他因子。随后在步骤324中将HNR计算为啸叫功率与经平滑的底噪的比。在步骤326中,HNR还优选地通过公式2由一阶平滑器来平滑:

$$[0019] \quad hnr(n+1) = (1-\beta)*hnr(n) + \beta *nflr(n+1) \quad (\text{公式 2})$$

[0020] 在该优选的本发明实施例中,使平滑因子 β 为0.3,但也可以使用其他值。在步骤328中,如果经平滑的HNR大于HNR阈值(在该优选实施例中为30)并且每次运行递增,则在步骤330中,将计数器HIT增加1。否则,流程行进至重置计数器HIT(步骤340)。

[0021] 啸叫检测是基于如下标准的:

[0022] 1. 经平滑的HNR大于HNR阈值 HNR_THRD (在本发明实施例中为30)。(参见步骤328)

[0023] 2. 针对 N_HIT (在本发明实施例中为5)个连续的运行,经平滑的HNR递增。(参见步骤328)

[0024] 3. 在 N_HIT (在本发明实施例中为5)个连续的运行中(参见步骤332),存在至少一个跳跃大于 HNR_JUMP_THRD (在该优选的发明实施例中为1.2)。

[0025] 在不使音频信号失真的情况下快速、准确且可靠的啸叫或声反馈消除的关键之处在于:对啸叫频率的准确估计。通常,啸叫频率估计误差越小,啸叫或声反馈消除越有效或者经处理的无啸叫音频质量越好。然而,有限的FFT大小限制了可以实现的较小的频率估计误差。例如,1024点FFT在采样速率为16kHz下的频率估计误差可以大到8Hz。如果需要 ± 1 Hz的频率估计误差,则至少应该采用采样频率为16kHz下的8192点FFT,而这太昂贵并且在实际产品中无法实现。在本发明中,通过在采样速率为16kHz下的1024点FFT,啸叫频率估计误差可以小到 ± 1 Hz。通过公式3-7来计算啸叫频率 F_c (步骤334):

$$[0026] \quad l = 20\log_{10}(Y) \quad (\text{公式 3})$$

$$[0027] \quad c = 20\log_{10}(Y) \quad (\text{公式 4})$$

$$[0028] \quad r = 20\log_{10}(Y_+) \quad (\text{公式 5})$$

$$[0029] \quad fc = \frac{l-r}{2(l-2c+r)} \quad (\text{公式 6})$$

$$[0030] \quad F_c = (I_{\text{MAX}} + fc) \frac{F_s}{N_{\text{FFT}}} \quad (\text{公式 7})$$

[0031] Y 是 FFT bin I_MAX 处的 FFT 范数, 并且 Y 和 Y₁ 分别是紧接 I_MAX 之前和紧接 I_MAX 之后的 FFT 范数。

[0032] 针对每 N_RESET_FRAME (在该发明实施例中为 15) 个帧来重置 FFT 范数累加缓冲器。(参见步骤 336 和 338)

[0033] 以低频调整啸叫检测阈值。图 4 是啸叫检测调整曲线的示例, 其可由公式 8 来实现:

$$[0034] \quad \theta = 200 * 1.08^f \quad (\text{公式 8})$$

[0035] 所提出的啸叫消除方法已被成功应用到 Creative Labs 扬声器产品中。该方法快速地消除啸叫声音, 但能保持演讲信号和音乐信号二者均完好无损。所提出的啸叫频率估计方法显著提高了频率估计精度, 因而极大地提高了经处理的无啸叫音频的质量。例如, 在采样速率为 16kHz 下使用本发明方法的 1024 点 FFT 的频率估计误差为 +/-1Hz, 该误差是常规方法的 8192 点 FFT 的频率估计误差。

[0036] 所提出的啸叫消除方法可以用于在相同的声环境中具有麦克风和扬声器的公共广播 (PA) 和任何音频系统中。所提出的方法还可以用于智能电话、平板电脑和网真 (telepresence) 系统。

[0037] 比较现有设备和方法, 优选实施例中所包括的本发明的实施例提供的主要的独特特征和优势包括但不限于:

[0038] 1. FFT 范数被累加并被取平均。

[0039] 2. 啸叫检测是基于啸叫噪声比 (HNR) 的。

[0040] 3. 底噪和 HNR 二者均由一阶平滑器进行平滑。

[0041] 4. 啸叫检测标准优选地包括: i) HNR 大于 HNR 阈值; ii) HNR 递增; iii) 在 N_HIT 个运行中必须至少存在一个 HNR 跳跃。

[0042] 5. 啸叫频率 bin 附近的 3 个 FFT 范数被内插。

[0043] 6. 仅消除啸叫声音。演讲和音乐二者均保持完好无损。

[0044] 在本发明的优选实施例中, 已经实现了以下独特的参数值和功能以及结构, 但本发明不限于对这些值的使用。本领域技术人员以及熟悉本发明所提供的概念的人员可以在无需过度实验的情况下替换其他值:

[0045] 1. N_FFT 点 FFT。在本发明的优选实施例中, N_FFT = 1024。

[0046] 2. 重叠 FFT。在本发明的优选实施例中, 75% 重叠 FFT。

[0047] 3. 针对新的每 N_SAMPLE 个样本进行一次 FFT 或者跳大小为 N_SAMPLE。在本发明的优选实施例中, N_SAMPLE = N_FFT/4 (256) 或者针对采样速率 16kHz 为 16ms。

[0048] 4. 方形汉宁窗。

[0049] 5. 针对 N_FFT_FRAME 个帧累加 FFT bin 的量级或范数。在本发明的优选实施例中, N_FFT_FRAME = {3, 6, ..., 15}。

[0050] 6. 针对每 N_AVERAGE_FRAME 个帧对 FFT bin 的量级或范数取平均。在本发明的优

选实施例中, $N_AVERAGE_FRAME = \{3, 6, \dots, 15\}$ 。

[0051] 7. 针对 N_HIT_FRAME 个帧检测啸叫频率。 N_HIT_FRAME 被选择以使得啸叫检测时间是系统延迟的倍数 (或者接近倍数)。在本发明的优选实施例中, $N_HIT_FRAME = 3$ 。

[0052] 8. 针对每 N_RESET_FRAME 个帧归零 FFT 量级缓冲器。在本发明的优选实施例中, $N_RESET_FRAME = 15$ 。

[0053] 9. 与最大 FFT 量级相对应的 FFT bin I_MAX 被选择为啸叫候选 FFT bin。

[0054] 10. I_MAX 附近的 $\pm FFT_HOWLING_DELTA$ 个 FFT bin 也被选择为啸叫候选 FFT bin。在本发明的优选实施例中, $FFT_HOWLING_DELTA = 3$ 。

[0055] 11. 在 I_MAX 附近跨越 $\pm NUM_HOWLING_POW_BIN$ 个 bin 的 FFTbin 中计算啸叫能量。在本发明的优选实施例中, $NUM_HOWLING_POW_BIN = 5$ 。

[0056] 12. 通过啸叫能量除以 $(NUM_HOWLING_POW_BIN*2+1)$ 来计算啸叫功率。

[0057] 13. 通过总能量减去啸叫能量来计算底噪能量。

[0058] 14. 通过噪声能量除以 $(N_FFT/2-NUM_HOWLING_POW_BIN*2-1)$ 来计算底噪功率。

[0059] 15. 由一阶平滑器来平滑底噪功率。在本发明的实施例中, 平滑因子 $ALPHA_NOISE_FLOOR = 0.01$ 。

[0060] 16. 啸叫检测是基于啸叫噪声比 (HNR) 的, HNR 由啸叫功率除以平滑后的底噪来定义。

[0061] 17. 由一阶平滑器来平滑 HNR。在本发明的实施例中, 平滑因子 $ALPHA_HNR = 0.3$ 。

[0062] 18. 啸叫检测标准: 1) 经平滑的 HNR 大于 HNR_THRD , 在本发明的优选实施例中, $HNR_THRD = 30$; 2) 经平滑的 HNR 针对 N_HIT 个运行递增, 在本发明的优选实施例中, $N_HIT = 5$; 3) 在 N_HIT 个运行中, 至少存在一个经平滑的 HNR 跳跃大于 HNR_JUMP_THRD , 在本发明的优选实施例中, $HNR_JUMP_THRD = 1.2$ 。

[0063] 19. 在低 FFT bin 中将 HNR_THRD 从 DC 调整至 $INDEX_HNR_THRD_ADJ$ 。在本发明的优选实施例中, $INDEX_HNR_THRD_ADJ = 64$ 。

[0064] 20. HNR_THRD 是通过指数型递减曲线来调整的。

[0065] 21. 由 EQ 滤波器来补偿非平坦麦克风频率响应。替代地, 低频带中的 FFT 量级是由指数型递减曲线来补偿的。

[0066] 22. 实时设计以啸叫频率作为中心频率的陷波滤波器。

[0067] 23. 仅通过啸叫频率和倍频程带宽 BW 来设计陷波滤波器。在本发明的优选实施例中, 频率的五分之一倍频程作为 BW 。

[0068] 24. 分配了 N_FILTER 个陷波滤波器, 并且循环使用最后 $N_RECYCLE_FILTER$ 个陷波滤波器。在本发明的优选实施例中, $N_FILTER = 12$, 并且 $N_RECYCLE_FILTER = 3$ 。

[0069] 在同一声围场中具有麦克风和扬声器的任何音频系统中可能产生啸叫。啸叫是极其令人讨厌的。本声反馈消除或啸叫控制技术已被成功实现于 Creative Labs 扬声器产品中。该技术可以用于易生成啸叫的任何音频系统中, 或者该技术也可以用于麦克风和扬声器被包括在同一设备或同一声环境中的任意音频产品中。

[0070] 尽管出于清楚理解的目的, 已经较为详细地描述了前面的发明, 但在所附权利要求的范围内可以进行某些更改和修改, 这是显然的。因此, 本发明的实施例被认为是说明性而非限制性的, 并且本发明不被限制于本文给出的细节, 但可以在所附权利要求的范围和

等同之内进行修改。

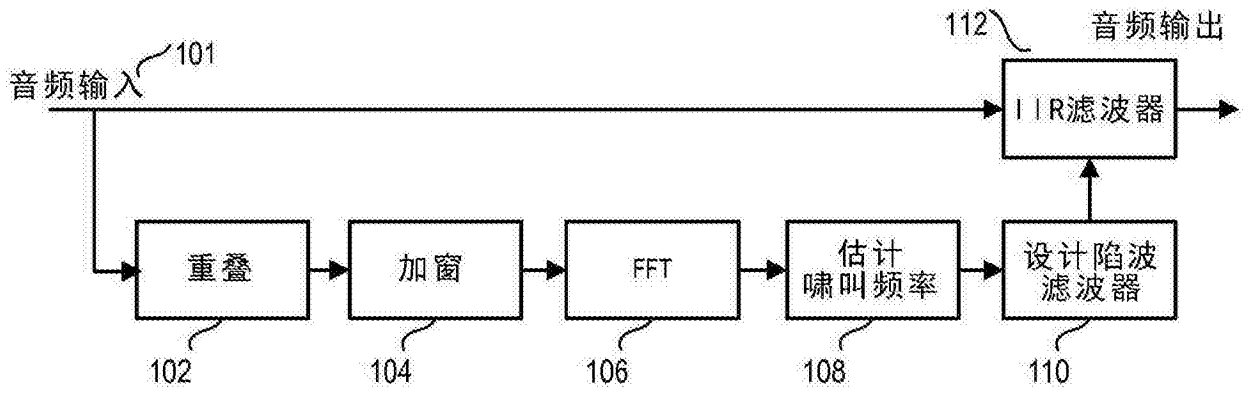


图 1

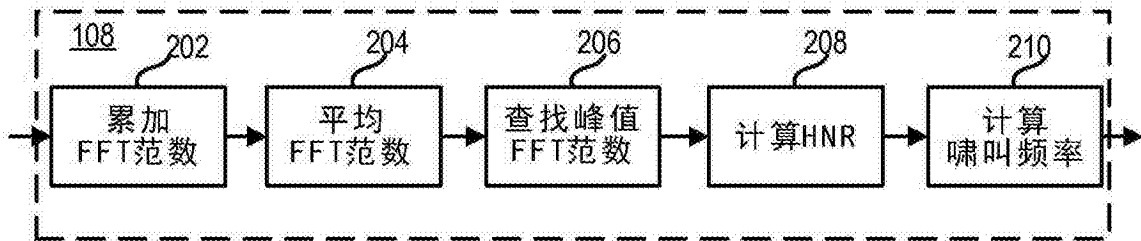


图 2

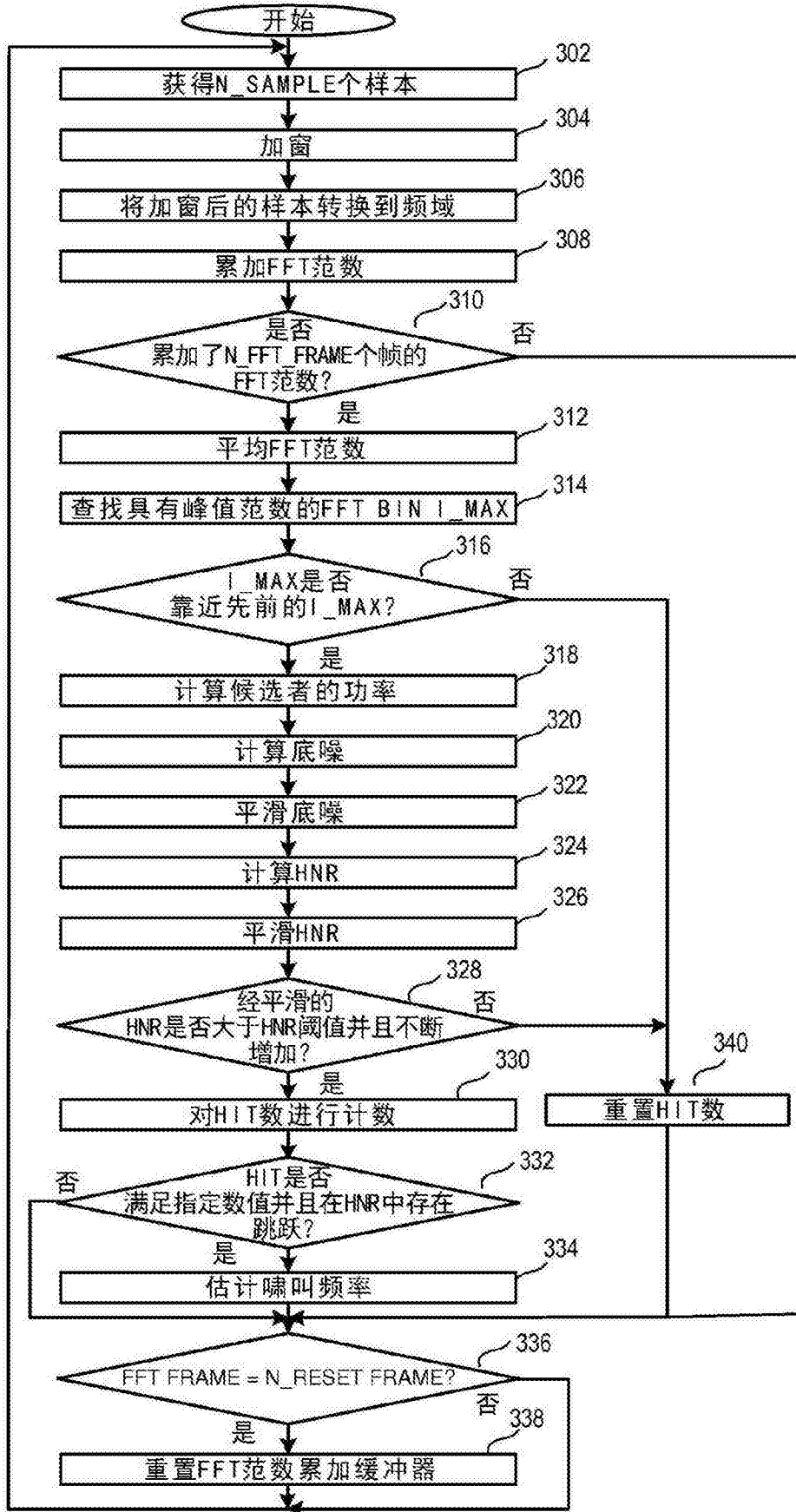


图 3

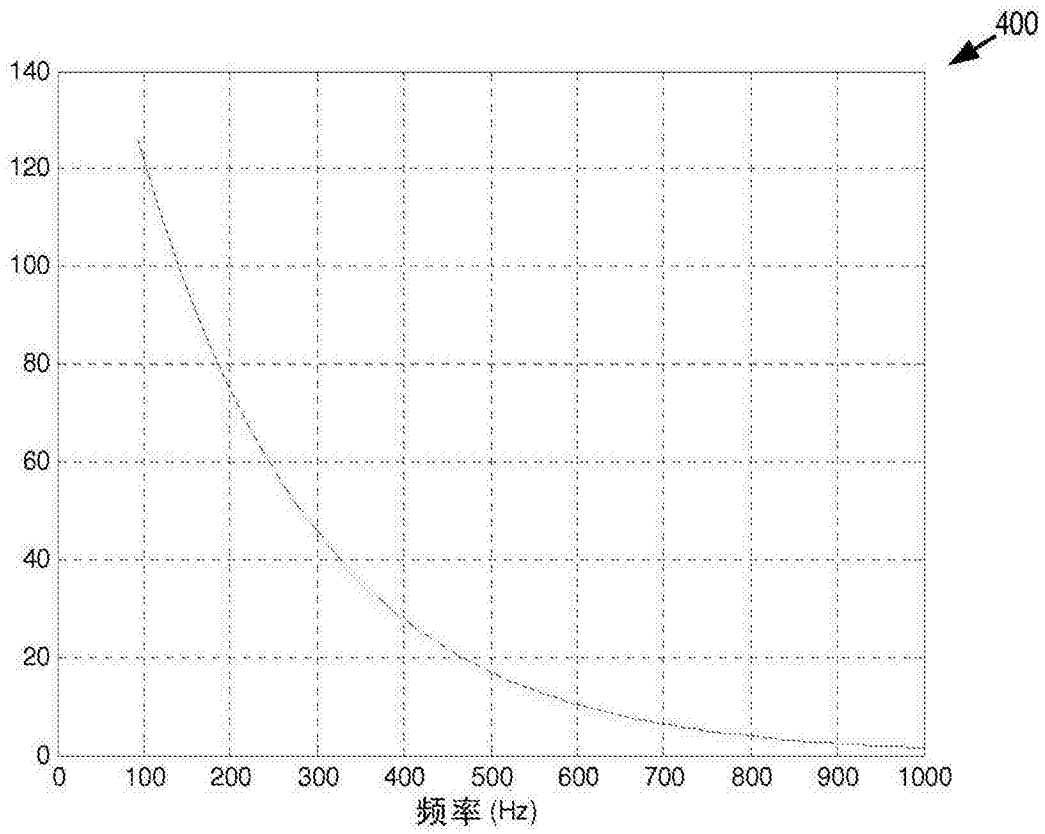


图 4