



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103650039 B

(45) 授权公告日 2016.08.03

(21) 申请号 201280033915.1

(22) 申请日 2012.06.25

(30) 优先权数据

11305883.8 2011.07.08 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014.01.08

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2012/062194 2012.06.25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/007500 EN 2013.01.17

(73) 专利权人 汤姆逊许可公司

地址 法国伊西莱穆利诺

(72) 发明人 P. 贾克斯

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 吕晓章

(51) Int. Cl.

G10L 19/018(2013.01)

(56) 对比文件

CN 101271690 A, 2008.09.24,

US 2003/0161469 A1, 2003.08.28,

Brian Chen et al. Quantization Index Modulation: A Class of Provably Good Methods for Digital Watermarking and Information Embedding. 《IEEE TRANSACTION ON INFORMATION THEORY》. 2001, 第47卷(第4期),

Qiao Li et al. Using Perceptual Models to Improve Fidelity and Provide Resistance to Volumetric Scaling for Quantization Index Modulation Watermarking. 《IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION FORENSICS AND SECURITY》. 2007, 第2卷(第2期),

Claude Delpha et al. AN EFFICIENT LOW BIT-RATE INFORMATION EMBEDDING COSTA BASED SCHEME USING A PERCEPTUAL MODEL. 《2007 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING》. 2007,

审查员 王玥

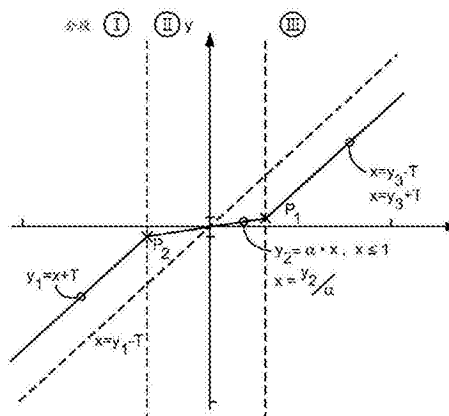
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

用于对输入信号加水印的量化指数调制的方法和装置

(57) 摘要

利用量化指数调制 QIM 有可能实现非常高的数据速率,并且水印传输的容量基本上不依赖于原始音频信号的特性,但是音频质量在每个水印嵌入和去除步骤中下降。为了避免降低音频质量,本发明的音频信号加水印使用时域、特别是频域中的特定量化器曲线以将水印消息嵌入到音频信号,使得所述处理几乎是完全可逆的。此外,它具有嵌入的功率约束以便保证由水印嵌入而导致的对信号的修改是听不见的。



1. 一种用于对输入信号 x 加水印的量化指数调制的方法,其中,使用不同的量化器曲线 Q_m 来量化所述输入信号 x ,并且由水印消息 m 的当前内容来控制所述量化器曲线的当前特性,其特征在于,在所述量化中,任何位置的输入值和输出值之间的差值不大于 T ,并且所述量化曲线 Q_m 是可逆的,即对于任何输入值 x 存在唯一的输出值 y ,

并且其中 $\pm T$ 是定义 y 朝向所述量化器曲线 Q_m 的外部分段(I、III)的 $y=0$ 移位的值,并由所述输入信号 x 的当前心里声学掩蔽水平来确定(26),并且 y 是加水印的输出信号,

并且其中,根据 m 的当前值通过完整的量化器曲线在 x 方向的不同位移来建立不同的量化器曲线 Q_m 。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中根据 $y = Q_m(x) + \max(-T, \min(T, \alpha(x - Q_m(x))))$ 来执行所述量化(23),

其中, α 是所述量化器曲线 Q_m 的中间分段(II)的预定的陡度, $\pm T$ 是定义 y 朝向所述量化器曲线 Q_m 的其他分段(I, III)的 $y=0$ 移位的值,并由所述输入信号 x 的当前心里声学掩蔽水平来确定(26),并且 y 是加水印的输出信号。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中在频域执行所述量化(23)。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,在所述量化(23)之前,所述输入信号 x 经过时域到频域的变换(21)和对每个连续帧对的合并(22),在所述连续帧对中,一个帧被视为代表一个当前帧的实部,另一帧被视为代表该当前帧的虚部,并且其中所述量化的(23)输入信号经过每个连续帧对的分离(24),在所述连续帧对中,一个帧被视为代表一个当前帧的实部,另一帧被视为代表该当前帧的虚部,以及频域到时域的变换(25),以便形成所述加水印的输出信号 y 。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述时域到频域的变换是MDCT并且所述频域到时域的变换是IMDCT。

6. 根据权利要求1至2中任一项所述的方法,其中所述输出信号 y 控制所述输入信号 x 的相位修改。

7. 根据权利要求1至2中任一项所述的方法,其中所述输入信号 x 是音频信号。

8. 一种用于恢复已根据权利要求2至7中任一项进行处理的原始输入信号 x 的方法,所述方法包括:

-根据 $y = Q_m(x) + \max(-T, \min(T, \alpha(x - Q_m(x))))$,以相应的方式使用所述量化器曲线 Q_m 对所接收的加水印的信号进行重新量化,其中,通过应用完整的量化器曲线在 x 方向的不同位移来检查不同的候选量化器曲线 Q_m ,并且其中在大于原始应用的比特深度的比特深度上执行所述重新量化;

-选择在频域中最匹配的候选量化器曲线 Q_m ;

-基于这样确定的当前 Q_m ,从信号 y 中去除相应的当前水印 m 以便提供所述恢复的信号 x 。

9. 一种用于对输入信号 x 加水印的量化指数调制的装置,其中,使用不同的量化器曲线 Q_m 来量化所述输入信号 x ,并且由水印消息 m 的当前内容来控制所述量化器曲线的当前特性,所述装置包括:

-心里声学掩蔽水平计算器(26);

-执行所述量化的嵌入器(23),其中,任何位置的输入值和输出值之间的差值不大于 T ,并且其中所述量化曲线 Q_m 是可逆的,即对于任何输入值 x 存在唯一的输出值 y ,

其中 $\pm T$ 是定义 y 朝向所述量化器曲线 Q_m 的外部分段(I, III)的 $y=0$ 移位的值,并由所述输入信号 x 的当前心里声学掩蔽水平来确定(26),并且 y 是加水印的输出信号,

并且其中,根据 m 的当前值通过完整的量化器曲线在 x 方向的不同位移来建立不同的量化器曲线 Q_m 。

10. 根据权利要求9所述的装置,其中根据 $y = Q_m(x) + \max(-T, \min(T, \alpha(x - Q_m(x))))$ 来执行所述量化(23),

其中, α 是所述量化器曲线 Q_m 的中间分段(II)的预定的陡度, $\pm T$ 是定义 y 朝向所述量化器曲线 Q_m 的其他分段(I, III)的 $y=0$ 移位的值,并由所述输入信号 x 的当前心里声学掩蔽水平来确定(26),并且 y 是加水印的输出信号。

11. 根据权利要求9或10所述的装置,其中在频域执行所述量化(23)。

12. 根据权利要求11所述的装置,包括:

-变换和合并部件(21、22),被布置在所述嵌入器(23)之前,并且适于时域到频域的变换和帧对合并,其中在每个连续帧对中,一个帧被视为代表一个当前帧的实部,另一帧被视为代表该当前帧的虚部,

-分离和变换部件(24、25),被布置在所述嵌入器(23)之后,并且适于分离每个连续帧对,并适于频域到时域的变换,以便形成所述加水印的输出信号 y ,在每个连续帧对中,一个帧被视为代表一个当前帧的实部,另一帧被视为代表该当前帧的虚部。

13. 根据权利要求12所述的装置,其中所述时域到频域的变换是MDCT并且所述频域到时域的变换是IMDCT。

14. 根据权利要求9至10中任一项所述的装置,其中所述输出信号 y 控制所述输入信号 x 的相位修改。

15. 根据权利要求9至10中任一项所述的装置,其中所述输入信号 x 是音频信号。

用于对输入信号加水印的量化指数调制的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于对输入信号加水印的量化指数调制的方法和装置,其中,使用不同的量化器曲线来量化所述输入信号。

背景技术

[0002] 在已知的数字音频信号加水印中,音频质量在每个水印嵌入和去除步骤中下降。

[0003] 为多媒体内容加水印的主要方法之一被称为量化指数调制(quantisation index modulation)表示为QIM,参加例如IEEE信息理论期刊2001年5月第47(4)卷第1423-1443页B.Chen,G.W.Wornell的《Quantization Index Modulation:A Class of Provably Good Methods for Digital Watermarking and Information Embedding》或者关于安全图像和图像认证的IEE学术讨论会学报,英国伦敦2000年4月10日第1-6页J.J.Eggers,J.K.Su,B.Girod的《A Blind Watermarking Scheme Based on Structured Codebooks》。

[0004] 利用QIM能够实现非常高的数据速率,并且水印传输的容量基本上不依赖于原始音频信号的特性。

[0005] 在B.Chen和G.W.Wornell描述的以及上述的QIM中,输入值 x 被量化映射到一个离散的输出值 $y=Q_m(x)$,由此为每个水印消息 m 选择不同的量化器 Q_m 。因此,检测器可以依次尝试所有可能的量化器,并通过找出具有最小量化误差的量化器来检测水印消息。

[0006] 上述J.J.Eggers等人已经提出QIM的扩展以在特定的水印信道中实现更好的容量:在该 α -QIM中,利用常数因子将所有输入值 x 线性移位到基准值(即移到量化器的质心)。水印输出值 y 可以被视为是通过 $y=Q_m(x)+\alpha(x-Q_m(x))$ 来计算。

发明内容

[0007] 按照定义,所述Chen/Wornell处理是不可逆的,因为在量化步骤中丢失了信息。所述Eggers/Su/Girod处理是可逆的,但它不受制于任何时间变量失真约束。

[0008] 本发明所要解决的问题是通过改进已知的QIM处理来避免在每个水印嵌入和去除步骤中的音频质量下降。这个问题由权利要求1中公开的量化方法解决。利用该方法的装置在权利要求2中公开。相应的恢复的方法在权利要求8中公开。

[0009] 本发明的音频信号加水印使用时域、特别是变换域中的特定量化器曲线以将水印消息嵌入到音频信号,使得它几乎是完全可逆的,术语“可逆”表示在以下前提下,可以去除该水印以便恢复高质量的(即接近精确到比特的)原始PCM采样信号——加水印的音频信号没有经历显著的信号修改,并且已知检测水印所需的密钥。

[0010] 本发明的可逆量化指数调制加水印处理嵌入了功率约束,其在音频加水印中是重要的以便保证由水印嵌入而导致的对信号的修改是听不见的。

[0011] 有利地,创新的处理提供了与现有技术的不可逆加水印方案相当的鲁棒性和容量特性,并且本发明允许逆向进行水印嵌入过程,而不对数据速率、该水印方案的鲁棒性和计算复杂性方面造成显著的妨害,由此,水印嵌入过程的逆向进行将提供近乎确切的原始PCM

音频信号。

[0012] 原则上,本发明的量化方法适于用于对输入信号 x 加水印的量化指数调制,其中,使用不同的量化器曲线 Q_m 来量化所述输入信号 x ,并且由水印消息 m 的当前内容来控制所述量化器曲线的当前特性,其中在所述量化中,任何位置的输入值和输出值之间的差值不大于 T ,并且所述量化曲线 Q_m 是可逆的,即对于任何输入值 x 存在唯一的输出值 y ,

[0013] 并且其中 $\pm T$ 是定义 y 朝向所述量化器曲线 Q_m 的外部分段的 $y=0$ 移位的值,并由所述输入信号 x 的当前心里声学掩蔽水平(psycho-acoustic masking level)来确定,并且 y 是加水印的输出信号,并且其中,根据 m 的当前值通过完整的量化器曲线在 x 方向的不同位移来建立不同的量化器曲线 Q_m 。

[0014] 特别地,可以根据 $y=Q_m(x)+\max(-T,\min(T,\alpha(x-Q_m(x))))$ 来执行所述量化。

[0015] 其中, α 是所述量化器曲线 Q_m 的中间分段的预定的陡度, $\pm T$ 是定义 y 朝向所述量化器曲线 Q_m 的其他分段的 $y=0$ 移位的值,并且 y 是加水印的输出信号。

[0016] 原则上,本发明的量化装置适于用于对输入信号 x 加水印的量化指数调制,其中,使用不同的量化器曲线 Q_m 来量化所述输入信号 x ,并且由水印消息 m 的当前内容来控制所述量化器曲线的当前特性,所述装置包括:

[0017] -心里声学掩蔽水平计算器;

[0018] -执行所述量化的嵌入器,其中,任何位置的输入值和输出值之间的差值不大于 T ,并且所述量化曲线 Q_m 是可逆的,即对于任何输入值 x 存在唯一的输出值 y ,

[0019] 其中 $\pm T$ 是定义 y 朝向所述量化器曲线 Q_m 的外部分段(I,III)的 $y=0$ 移位的值,并由所述输入信号 x 的当前心里声学掩蔽水平来确定(26),并且 y 是加水印的输出信号,

[0020] 并且其中,根据 m 的当前值通过完整的量化器曲线在 x 方向的不同位移来建立不同的量化器曲线 Q_m 。

[0021] 特别地,可以根据 $y=Q_m(x)+\max(-T,\min(T,\alpha(x-Q_m(x))))$ 来执行所述量化,

[0022] 其中, α 是所述量化器曲线 Q_m 的中间分段的预定的陡度, $\pm T$ 是定义 y 朝向所述量化器曲线 Q_m 的其他分段的 $y=0$ 移位的值,并由所述输入信号 x 的当前心里声学掩蔽水平来确定,并且 y 是加水印的输出信号。

[0023] 原则上,该创新的恢复方法适于恢复已根据所述创新的量化方法进行处理的原始输入信号 x ,所述方法包括以下步骤:

[0024] -根据 $y=Q_m(x)+\max(-T,\min(T,\alpha(x-Q_m(x))))$,以相应的方式使用所述量化器曲线 Q_m 对所接收的加水印的信号进行重新量化,其中,通过应用完整的量化器曲线在 x 方向的不同位移来检查不同的候选量化器曲线 Q_m ,并且在大于原始应用的比特深度的比特深度上执行所述去量化;

[0025] -选择在频域中最匹配的候选量化器曲线 Q_m ;

[0026] -基于这样确定的当前 Q_m ,从信号 y 中去除相应的当前水印 m 以便提供所述恢复的信号 x 。

[0027] 本发明的有利的附加实施例在相应的从属权利要求中公开。

附图说明

[0028] 参照附图描述本发明的示例性实施例,附图中:

- [0029] 图1示出嵌入功率约束的可逆QIM量化器曲线的示例；
[0030] 图2示出根据本发明的嵌入器的信号流动；
[0031] 图3示出已知的基于相位的音频VM的过评分(overmarking)性能；
[0032] 图4示出根据本发明的过评分性能(无攻击)。

具体实施方式

- [0033] 嵌入功率约束的可逆QIM加水印
[0034] 本发明扩展QIM,以便:
[0035] -使得在嵌入器处执行的映射在解码器处是可逆的,以及
[0036] -允许在嵌入水印时考虑功率约束。
[0037] 量化器的相关特性曲线必须满足下列两个约束:
[0038] -任何位置的输入值和输出值之间的差值应当不大于 T (嵌入功率约束),
[0039] -特性曲线应当是可逆的,即,对于任何输入值 x ,存在一个唯一的输出值 y 。
[0040] 图1示出了具有嵌入功率约束的创新的可逆QIM处理的量化器之一的特性曲线的示例作为输出 y 对输入 x 的函数。该曲线可以被分为标示在该图的顶部的三个线性分段I、II、III。在分段I和III中,输出被朝向基准值,即朝向 $y=0$ 移位 T 的量,产生 $y_1=x+T$ 和 $y_3=x-T$ 。由于功率约束,位移不能更高。在分段II中,使用具有斜率 α 的线性曲线,产生 $y_2=\alpha x$ 和过渡点 $P_1=(T/(1-\alpha), \alpha T/(1-\alpha))$ 和 $P_2=-P_1$ 。即,对 α 的选择确定了三个分段之间的过渡点 P_1 和 P_2 : α 越大,分段II覆盖的范围越大。
[0041] 由下式定义对于标量输入值的本示例特性曲线的计算:
[0042] $y=Q_m(x)+\max(-T, \min(T, \alpha(x-Q_m(x))))$,
[0043] 其中 m 代表水印消息, Q_m 表示用于嵌入消息 m 的不同的量化器曲线,例如,一个量化器曲线用于‘0’比特的 m ,一个不同的量化器曲线用于‘1’比特。
[0044] α 的值在一个应用程序中是固定的,对 α 的选择是一个权衡:如果 α 接近‘1’,则嵌入的水印的鲁棒性很可能劣于较低的 α 值的鲁棒性,因为朝向基准值的平均位移低于可能的位移。另一方面, α 的值越高,就越有可能对嘈杂的条件下的嵌入器的特性曲线求逆。 T 的值适配于输入信号的当前心里声学掩蔽水平。
[0045] 图1的特性曲线已被设计为最大化输入值朝向基准值的平均位移。根据 m 的当前值,通过完整的量化器曲线在 x 方向上的不同位移 s_{xm} 来建立不同的量化器曲线 Q_m 。其它特性曲线也是可能的,只要它们满足上述两个约束。
[0046] 在MDCT域嵌入
[0047] 为了设计一个完全的或接近可逆的音频加水印系统,需要利用具有理想重构特性的滤波器组。此外,如果滤波器组系数(例如MDCT频率仓)是相互独立的,则这样的应用是高度有利的:这意味着期望的是(在嵌入过程中)一个系数的任何修改准确地说只影响在解码器侧的相同的系数(假设使用信号分段的理想同步来分析)。应避免干扰任何其他(附近)的系数。具有这些特性的滤波器组的一个示例是MDCT。
[0048] 图2示出了创新的嵌入器的相应的示例实施例。上部信号路径用于确定附加的水印信号,所述水印信号同样也可从加水印的信号确定,所述上部信号路径包括MDCT步骤或阶段21、2帧合并器步骤/阶段22和执行上述创新的量化的嵌入器23、2帧分离(spread)步

骤/阶段24、逆MDCT步骤/阶段25、和将IMDCT步骤/阶段25的输出与MDCT步骤/阶段21的输入信号相加的合并器,在所述嵌入器23中由从步骤/阶段22的输出接收其输入的心里声学分析器26来控制T的(当前)值。

[0049] 伪复数频谱的定义

[0050] 可以在时间域中执行该创新的量化处理,但优选地该信号处理发生在频域,即输入信号被馈送到MDCT分析块并经由逆MDCT产生输出水印信号。代替MDCT/IMDCT,可以使用任何其它合适的时域到频域/频域到时域的变换,所述变换必须允许时域信号的理想(即精确到比特的)

[0051] 重构。根据本发明,两个连续的MDCT帧被解释为一个复数频谱的实部和虚部。严格地从数学上来说,这种解释是错误的。然而,它允许为了嵌入水印的目的来定义角谱。实际的水印嵌入对应于W02007/031423A1、W02006/128769A2或者W02007/031423A1中描述的处理。为了插入水印信息,只根据由输入信号的心里声学分析提供的约束来修改伪复数频谱的角度(即相位)。

[0052] 上述MDCT域中伪复数频谱的定义相较于W02007/031423A1、W02006/128769A2或者W02007/031423A1中使用的DFT中的真正的角谱具有一定的优势:

[0053] -由于MDCT滤波器组的正交特性,所有的MDCT系数是完全彼此独立的,并且由此,角谱解释的所有复数系数也是独立的。如上所述,这是可逆加水印的前提。

[0054] -因为为了嵌入水印只修改伪复数频谱的角度,并且因为心里声学分析只需要幅度,因此原始输入信号和加水印的信号的心里声学分析结果是完全一致的。再次地,这是嵌入过程的可逆性所需要的。

[0055] 嵌入过程

[0056] 根据结合图1描述的具有嵌入功率约束的创新的可逆QIM来执行水印消息m的嵌入。使用原始信号的心里声学分析以便得出伪复数频谱的单个系数的角度或相位的最大变形。这些最大值构成来自具有嵌入功率约束的分段可逆QIM加水印的特性曲线中所使用的约束T。

[0057] 该分段的嵌入曲线的输入值x是伪复数频谱的角度,并且输出值y被用于推导附加的仅水印信号(MDCT域)y-x的角度。根据W02007/031423A1、W02006/128769A2或者W02007/031423A1中描述的原理来从伪噪声序列得出基准角度。由两个连续的MDCT谱定义的复数值的幅度是不被水印嵌入器修改的。

[0058] 新的角度(根据前面的段落所说明的y-x)与复数解释的幅度一起,再次被分成两个实数的、连续的MDCT谱。所得到的MDCT谱的流被馈送到逆MDCT滤波器组25,以便产生附加的水印信号。

[0059] 可逆性

[0060] 水印过程是可逆的,因为为了得到附加水印信号所应用的所有分析步骤对于嵌入水印是不变的。这意味着,可以从原始信号和加水印的信号得到相同的附加水印信号。但是,这一特性有两个前提:

[0061] -加水印的信号不得被显著改变。任何重大的攻击或信号修改将影响该水印信号的计算的可再现性。

[0062] -对要去除的水印消息的检测必须是无误的。任何检测错误将导致逆向得到错误

的水印修改。与上述条件一起,这意味着水印处理应具有对于无攻击或轻微攻击的100%无差错检测结果。

[0063] 在实践中,如果嵌入器的加水印的输出信号被量化为整数值,水印嵌入过程通常将不会是100%可逆的。如果,例如,加水印的信号被量化为16位整数值,水印去除器的输出信号相较于原始PCM样本将遭受该16位量化器的量化噪声。

[0064] 实际系统的过评分性能

[0065] 上述示例系统已经建成并用来确定过评分性能指标。术语“过评分”是指已经对一个原始音频信号应用嵌入序列和水印去除。

[0066] 通常,信号质量根据连续过评分数量而降低。图3示出根据W02007/031423A1、W02006/128769A2或者W02007/031423A1的基于相位加水印的性能的示例。该性能指标是客观差异级ODG(较低的ODG值指示信号质量差;ODG描述在ITV建议BS.1387(PEAQ)中),其估计原始音频信号和经过几个过评分步骤之后加水印的信号之间的主观差异。它的范围从0=非显著失真到3=令人烦恼的和4=非常令人烦恼的。可以清晰地看出,加水印的信号的质量在经过大量过评分之后显著降低。

[0067] 为了比较,图4示出了使用图2所描述的实施例的(无攻击,意味着未修改加水印的信号)对相同的输入信号进行所述创新处理的相应的过评分性能。加水印的信号的主观质量即使经过100个过评分步骤之后仍保持基本不变。每个过评分步骤的ODG的类噪声的波动是由以下事实产生的:对于每个过评分应用了不同的嵌入密钥(即基准序列),这导致了加水印信号的不同主观质量。

[0068] 完全可逆(精确到比特的)的音频加水印

[0069] 在一个特殊的实施例中,也可以应用上述原则以便提供水印的完全去除,从而以高概率导致该嵌入器的精确到比特的原始输入PCM样本。为了这个目的,在图2所示的系统中的加法器27的输出端,使用与嵌入侧类似的、但具有一致地高于原始嵌入侧输入PCM样本的比特深度(例如每样本16比特)的比特深度(例如每样本16比特)的不同的候选量化器曲线来量化嵌入器的输出信号。实际QM曲线如上所述在MDCT域确定。基于如此确定的当前 Q_m ,从信号 y 去除相应的当前水印消息 m 以提供恢复的信号 x 。如上面所说明的,去除水印将导致遭受来自加水印信号的量化的量化噪声的PCM样本。使用所述处理,该量化噪声将只影响水印去除器的较高比特深度输出信号的某些最低有效位(LSB)。因此,该输出信号可由此被量化到输入PCM样本的原始精度(上述示例中是每样本16比特)。这将去除量化噪声的损害并恢复原始PCM样本。

[0070] 本发明可用于下列应用:

[0071] -包括听众测量的专业工作流程中的内容跟踪和取证;

[0072] -智能DRM(数字版权管理),其中可以通过交换水印来修改标记和相关的权利;

[0073] -内容的可逆降级;

[0074] -用于视频加水印。

[0075] 该创新的处理也可结合基于分离频谱的加水印技术来使用。

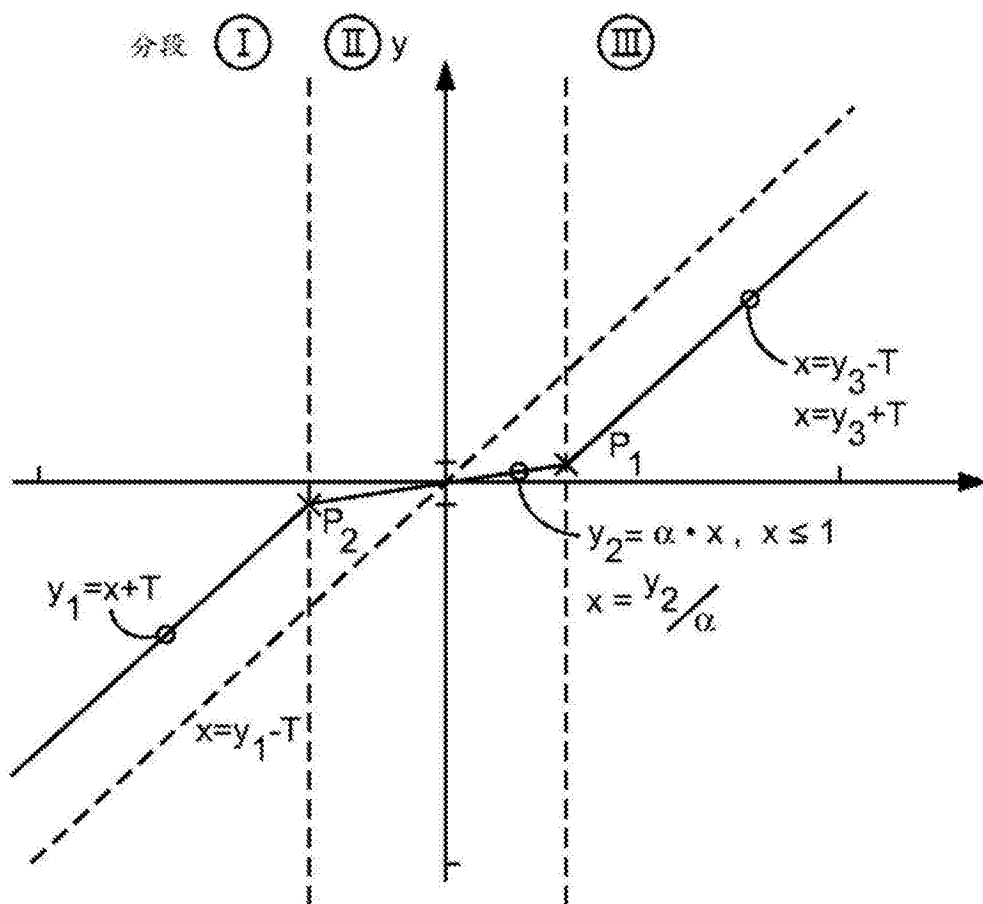


图1

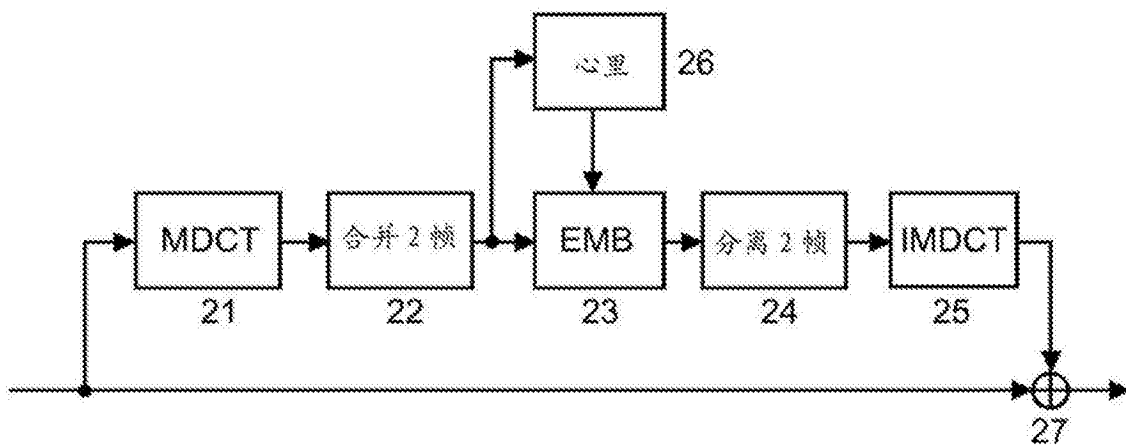


图2

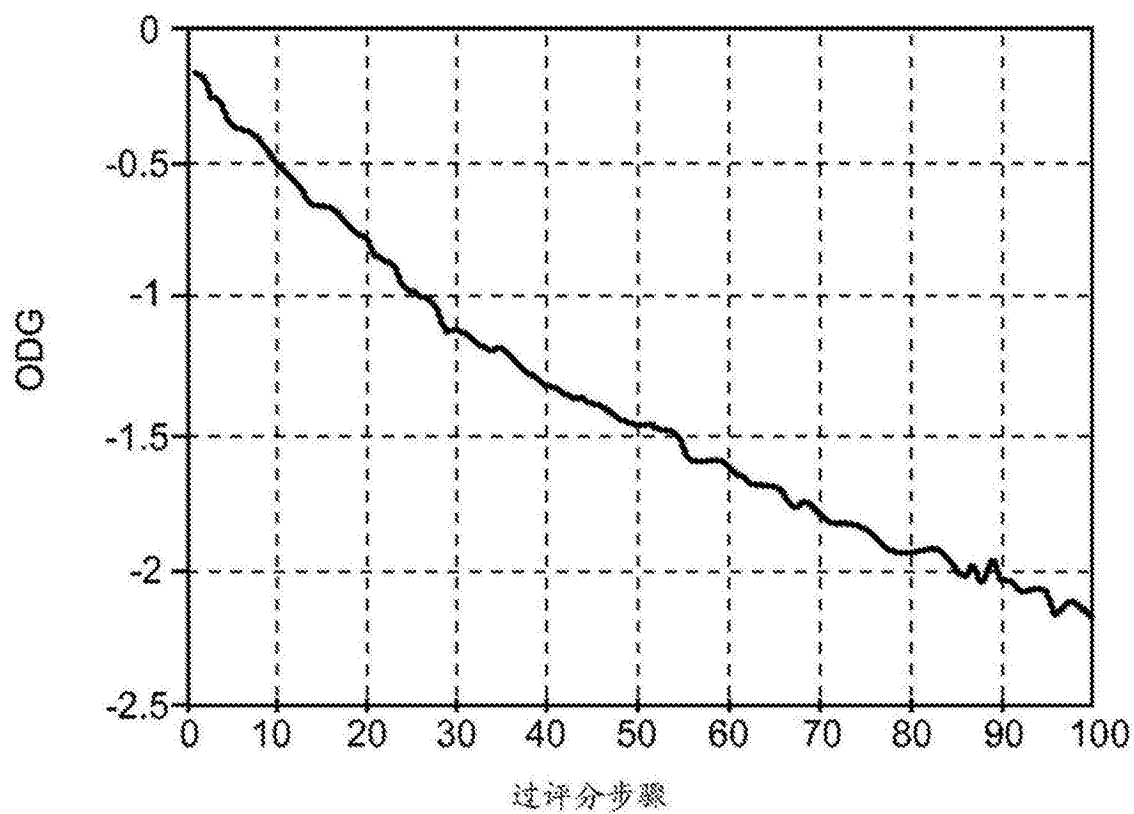


图3

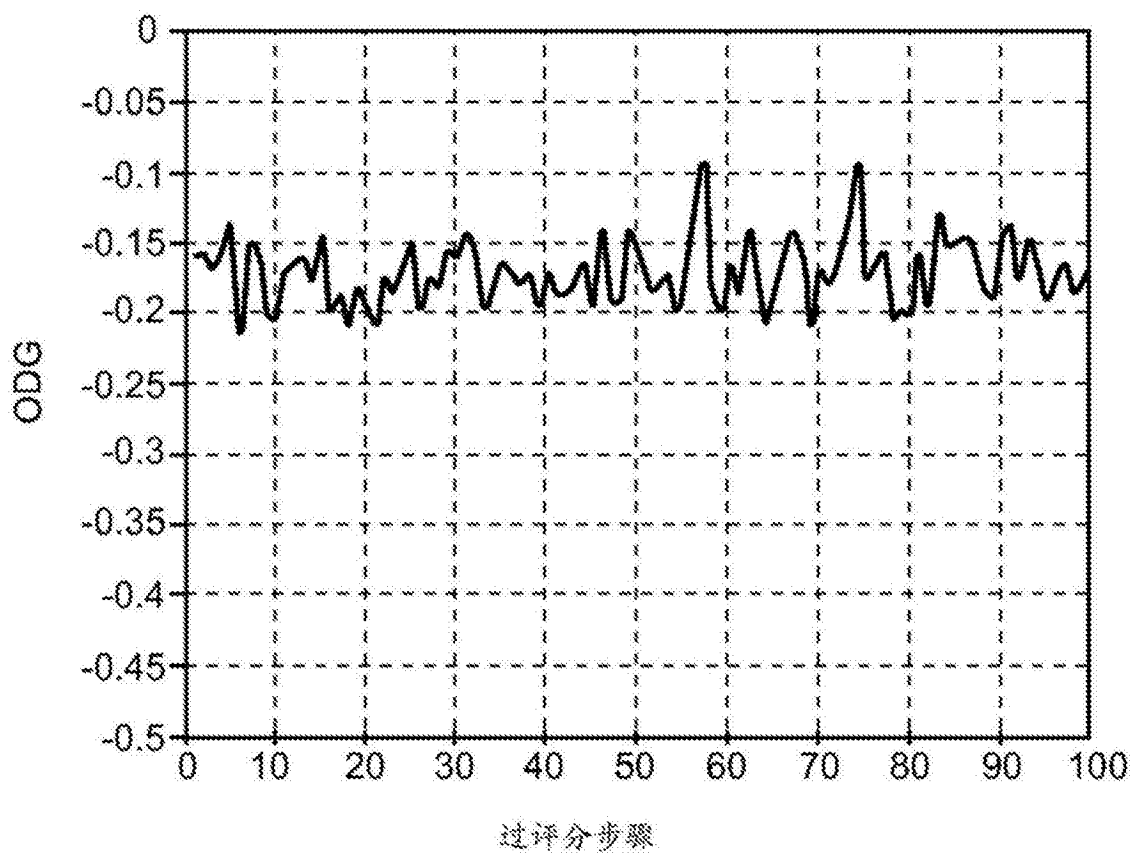


图4