



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101124624 B

(45) 授权公告日 2012. 01. 25

(21) 申请号 200680005591. 5

GB 2292506 A, 1996. 02. 21,

(22) 申请日 2006. 01. 16

CN 1340959 A, 2002. 03. 20,

(30) 优先权数据

CN 1414778 A, 2003. 04. 30,

05001222. 8 2005. 01. 21 EP

CN 1552071 A, 2004. 12. 01,

(85) PCT申请进入国家阶段日

CN 1297560 A, 2001. 05. 30,

2007. 08. 21

US 2003/0194004 A1, 2003. 10. 16,

审查员 刘涛

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2006/000330 2006. 01. 16

(87) PCT申请的公布数据

W02006/077061 EN 2006. 07. 27

(73) 专利权人 无限媒体股份有限公司

地址 德国威迪马克

(72) 发明人 H·莱茵

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限

公司 11245

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

G10L 19/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1540600 A, 2004. 10. 27,

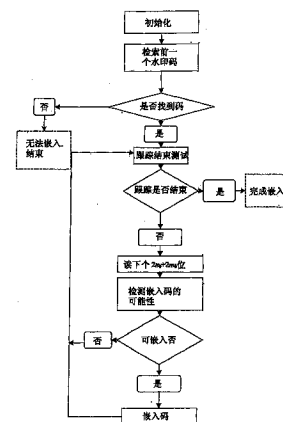
权利要求书 4 页 说明书 11 页 附图 5 页

(54) 发明名称

在有用信号中嵌入数字水印的方法

(57) 摘要

一种在有用信号中嵌入数字水印的方法, 其中通过跟踪原始信号的选定频率的幅值且根据水印位序列的当前位对其进行修改, 采用对两种给定频率的自适应频率调制将水印位序列嵌入到有用信号的频域中。



1. 一种在有用信号中嵌入数字水印的方法,其中所述有用信号(x_n)表示包含了有用信号频率的频谱随时间的变化,并且所述数字水印包括一个水印位序列,所述水印位序列的每一位表示第一状态和第二状态其中之一,

其特征在于:

对于在所述有用信号上印记所述第一状态,

通过改变所述有用信号在第一印记频率(f_1)处的第一频谱幅值(A_f)或所述有用信号在第二印记频率(g_1)处的第二频谱幅值(A_g),确定所述有用信号在第一印记频率(f_1)处的第一频谱幅值(A_f)和所述有用信号在第二印记频率(g_1)处的第二频谱幅值(A_g)的比率为大于或等于阈值参数(γ_s)的第一个值,

并且对于在所述有用信号上印记所述第二状态,

通过改变所述有用信号在第二印记频率(g_1)处的第二频谱幅值(A_g)或所述有用信号在第一印记频率(f_1)处的第一频谱幅值(A_f),确定所述有用信号在第二印记频率(g_1)处的第二频谱幅值(A_g)和所述有用信号在第一印记频率(f_1)处的第一频谱幅值(A_f)的比率为大于或等于所述阈值参数(γ_s)的第二个值。

2. 如权利要求1所述的方法,

其特征在于:

对于印记所述第一状态,相应的比率是通过减小所述第二频谱幅值(A_g)来调整的,对于印记所述第二状态,相应的比率是通过减小所述第一频谱幅值(A_f)来调整的。

3. 如权利要求1或2所述的方法,

其特征在于:

若要确定的比率被表示在所述有用信号中,则所述有用信号没有被修改。

4. 如权利要求1或2所述的方法,

其特征在于:

确定表示一时间长度的一个位时间长度(T_{bit}),在该时间长度内由单一位表示的状态被印记到所述有用信号中,

使用所述水印位序列的位数和所述位时间长度计算表示时间长度的一个段时间长度(T_{code}),在此时间长度内所述水印位序列被印记到所述有用信号,

选择具有至少一个段时间长度的时间长度的一段所述有用信号以印记所述水印位序列。

5. 如权利要求4所述的方法,

其特征在于:

选择两个或更多个非重叠段,以将所述水印位序列两次或更多次地印记到所述有用信号。

6. 如权利要求1或2所述的方法,

其特征在于:

所述阈值参数(γ_s)的第一个值和第二个值相等。

7. 如权利要求1或2所述的方法,

其特征在于:

所述阈值参数的值在1到10之间。

8. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，
其特征在于：
计算所述有用信号中的频率信号强度并据此选择所述印记频率 (f_1, g_1)。
9. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，
其特征在于：
所述第一印记频率和第二印记频率是从具有相比于所述有用信号的频谱的窄带宽的频带中选定的。
10. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，
其特征在于：
所述有用信号被表示为数字信号。
11. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，
其特征在于：
所述水印位序列包括一个或多个用于检测所述水印位序列的同步位序列和用于识别所述有用信号的标识符位序列。
12. 如权利要求 11 所述的方法，
其特征在于：
为了对所述水印位序列中的标识符位序列进行编码，采用防错码。
13. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，
其特征在于：
在所述有用信号上印记分离的数字水印。
14. 如权利要求 1 所述的方法，
其特征在于：所述有用信号是音频信号，所述有用信号频率是音频频率。
15. 如权利要求 1 所述的方法，
其特征在于：所述第一状态是“1”，所述第二状态是“0”。
16. 如权利要求 4 所述的方法，
其特征在于：计算所述有用信号的所述段中的频率信号强度并据此选择所述印记频率 (f_1, g_1)。
17. 如权利要求 9 所述的方法，
其特征在于：所述频带是带宽等于或小于 200Hz 的频带。
18. 如权利要求 9 所述的方法，
其特征在于：对于音频信号，所述频带是带宽等于或小于 100Hz 的频带。
19. 如权利要求 10 所述的方法，
其特征在于：所述数字信号是 PCM 信号 (x_n)。
20. 如权利要求 13 所述的方法，
其特征在于：
在分离的频带中在所述有用信号上印记分离的数字水印。
21. 一种检测有用信号中数字水印的方法，其中所述有用信号 (y) 表示包含了有用信号频率的频谱随时间的变化，并且所述数字水印被表示为一个水印位序列，所述水印位序列的每一位表示第一状态和第二状态其中之一，

其特征在于：

计算所述有用信号在第一检测频率 (f_1) 处的第一频谱幅值 (\hat{A}_f) 和所述有用信号在第二检测频率 (g_1) 处的第二频谱幅值 (\hat{A}_g) 的比率, 且若该比率 (Δ_i) 等于或大于 1, 则检测到所述第一状态, 否则检测到所述第二状态。

22. 如权利要求 21 所述的方法,

其特征在于：

确定表示时间长度的一个位时间长度 (T_{bit}), 在该时间长度内由单一位表示的状态从所述有用信号中被检测出来,

对于每个位时间长度, 已检状态 (B_i) 的标志和比率参数 (Δ_i) 的值相互关联地存储在检测位序列中, 其中若该值等于或大于 1, 则所述比率参数表示计算出的比率值, 否则所述比率参数表示计算出的比率的倒数。

23. 如权利要求 21 或 22 所述的方法,

其特征在于：

在所述检测位序列中, 检索预定同步位序列是否存在, 且若成功地检测到存在, 则检索标识符位序列。

24. 如权利要求 23 所述的方法,

其特征在于：

检索预定同步位序列是否存在包括：

确定所述检测位序列和同步位序列之间的匹配位并且确定包含所述匹配位的预期同步位序列, 并且

计算隐含了所述预期同步位序列的所述检测位序列中的那些位的比率参数值的第一平均比值 ($\bar{\Delta}_1$) 。

25. 如权利要求 24 所述的方法,

其特征在于：

若匹配位数至少为所述同步位序列的位数减 1 且所述第一平均比值大于或等于预定阈值 (Tb_s), 则成功检测到所述同步位序列的存在。

26. 如权利要求 25 所述的方法,

其特征在于：

若成功检测出所述同步位序列的存在, 则在所检测位序列的成功匹配的位附近重复检索, 若匹配位数等于所述同步位序列的位数则重复检索成功。

27. 如权利要求 24 到 26 任何之一所述的方法,

其特征在于：

检索标识符位序列包括：

通过采用在隐含了所述预期同步位序列的所检测位序列的位之后的所检测位序列的位, 确定预期标识符位序列,

计算隐含了所述预期标识符位序列的所检测位序列中的那些位的比率参数值的第二平均比值 ($\bar{\Delta}_M$) 。

28. 如权利要求 27 所述的方法,

其特征在于：

若所述第二平均比值比预定阈值 (Th_M) 大, 则确定所检测位序列中成功匹配的位附近的另外预期标识符位序列, 并计算各自的第二平均比值, 并且将所述标识符位序列确定为具有最小平均的第二平均比值的预期标识符位序列之一。

29. 如权利要求 24 到 26 任何之一所述的方法,

其特征在于：

为了从所检测位序列中解码标识符位序列, 采用防错码。

30. 如权利要求 28 所述的方法,

其特征在于：

比较两个所检测的预期标识符位序列, 若所述两个所检测的预期标识符位序列相同, 则输出标识符位序列的成功检测标志。

31. 如权利要求 24 到 26 任何之一所述的方法,

其特征在于：

若在所述检测位序列中没有检测到所述同步位序列, 则所述检测频率移动到相邻频率 (\tilde{f}_1, \tilde{g}_1), 且第一检测频率和第二检测频率的差保持恒定, 并且重复检索所述同步位序列是否存在。

32. 如权利要求 21 所述的方法,

其特征在于: 其中所述有用信号是音频信号, 所述有用信号频率是音频频率。

33. 如权利要求 21 所述的方法,

其特征在于: 其中所述第一状态是“1”, 所述第二状态是“0”。

在有用信号中嵌入数字水印的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在有用信号中,特别是在音频信号中嵌入数字水印的方法,以及检测嵌入式数字水印的方法和相应装置。

背景技术

[0002] 在本说明书中所用的术语‘有用信号’应指表示预期最终由使用者特别是由人类用户接收的数据的指定信号。有用信号的常见实例是音频信号,表示声波的频谱随时间的变化(例如电话通讯的频谱范围从 300Hz 到 3400Hz,古典音乐的高音质重现的频谱范围从 10Hz 到 20kHz)或者是视频信号(单一图像和变化图像),其中有用信号的频率是用于比如在电视机或电影屏幕上的显示,其由图像特性限定并且位于 0Hz(空白图像)到最大频率之间的频率范围,最大频率由屏幕行和列以及变化的图像的刷新率决定,例如很多电视系统最大频率为 6.5MHz。

[0003] 不过,有用信号也包括表示文本字符或其他表示形式的信号,以及这些直接或间接特别针对人类感知设计的信号的未来发展。

[0004] 有用信号可表示为模拟信号的形式,例如无线电信号或电视信号,或表示为数字信号,例如通过对模拟信号采样,以及后续的量化和可能的编码步骤形成的脉冲编码调制(PCM)信号。无论如何有用信号有意包含相关数据集的完整表示,它可以是单段乐曲或一组这样的音轨,单一的图象或完整的影片。

[0005] 对于有用信号来说,通常需要包含由信号表示的数据集内的辅助数据。这些辅助数据可能和作者身份标志,发行人,销售量和发行等等有关。这些标志与表示数字化数据的有用信号尤其相关,因为这些标志可以不损失质量地被复制任意次。此处,上述标志允许产权证明,并能够跟踪非法副本,校验合法副本和设备的数量以及监测广播等等。

[0006] 此处所用的辅助数据原则上涉及和用户相关的数据一起提供的任何种类的补充信息,特别是多媒体数据。

[0007] 在数据集中引入辅助数据的显著方法是以下面的形式提供这些数据:该形式允许辅助数据以与为用户感觉设计的原始数据相同的方式被处理。比如在音轨中添加语音信息。然而这种辅助数据可以很容易地从用户感觉中去除、修改或隐藏,此外,这些信息会干扰对原始数据的感知。即将出台的关于多媒体数据规定的标准,比如在 MPEG(<http://www.chiariglione.org/mpeg/>)基础上发展起来的标准,允许相关联的附加数据,在未来的音频视频设备中不损害原始数据就可对所述附加数据进行处理,但是恶意修改的问题仍然存在。

[0008] 因此,许多已知方法提供带有数字水印的原始数据。这些(在下文中偶尔也称为“标记码”)是嵌入或者印记到原始数据自身上的辅助数据。最初的原始数据就这样被修改。尽管对于打算被机器处理的数字数据来说这是个问题,但为人类用户设计的数据可能以数字水印不被用户察觉的方式,也就是以不可见、不可听或通常不可察觉的方式被修改。

[0009] 水印制作方法通常包含嵌入或印记部分和检测部分。嵌入部分采用一个密钥为原

始数据印记一种（不可察觉的）图案。检测器采用一个相应的密匙读出嵌入的水印。

[0010] 一种在数字数据中提供数字水印的已知方法的例子是 LSB 水印制作。此处，表示例如强度（比如一副图像中像素的灰度或色标）的码字中包括的一个字节的最低有效位（LSB）被修改。尽管这种嵌入式水印包含许多位（比如 256 位），但它是不可察觉的，因为象素灰度值至多从比如一个字节长度的码字强度值 255 变化到 254。

[0011] 不过，恶意修改的问题仍然存在。在上面的例子中，简单地通过将数据集中的所有最低有效位设定为“1”或“0”可以很容易地去除水印。在这个过程中数据的感知质量不会显著变化。

[0012] 因而，此发明的目的在于提供一种在有用信号中嵌入数字水印的方法，特别是在音频信号中嵌入数字水印的方法，其中水印不能被用户察觉，并且不显著修改原始数据，水印就不容易去除或修改，同时在附加处理、传送、存储，噪声以及针对水印的修改和移除的攻击之后，水印仍然是可高可靠地检测的，并且提供一种检测已印记的数字水印的方法和相应设备。

[0013] 这个目标是通过具有权利要求 1 特征的在有用信号中嵌入数字水印的方法，具有权利要求 14 特征的检测有用信号中数字水印的方法，以及具有权利要求 24、25 的特征的计算机程序和具有权利要求 27 和 28 特征的设备实现的。

发明内容

[0014] 本发明的基本思想之一不仅仅是只将由位序列表示的水印嵌入到组成原始数字数据的位序列中的原理。更准确的说，水印位序列被印记到有用信号本身，而不管它表示成数字信号还是模拟信号。

[0015] 具体来说，提出了根据本发明的一种在有用信号中特别是音频信号中嵌入数字水印的方法，其中有用信号代表包含有用信号频率比如音频频率的频谱随时间的变化，并且数字水印包含水印位序列，水印位序列的每一位代表第一状态比如“1”和第二状态比如“0”其中之一。对于在有用信号上印记第一状态，有用信号在第一个印记频率处的第一谱幅值和有用信号在第二个印记频率处的第二谱幅值的比被确定为大于或等于阈值参数的第一个值。对于印记第二状态，有用信号在第二个印记频率处的第二谱幅值与有用信号在第一个印记频率处的第一谱幅值的比被确定为大于或等于阈值参数的第二个值。

[0016] 因此，通过对最初的有用信号的弱调制将水印印入。本发明性方法具有下面优点：在数模转换和 / 或模数转换过程能够可靠地恢复水印，这样避免例如恶意去除水印的各自尝试。还可将水印进一步制作成抗声音处理（回波，效应，振幅或频率变化等）以及抗数字压缩和格式变化。

[0017] 优选地，对于印记第一状态，通过减小第二谱幅值来调整对应的幅值比，并且对于印记第二状态，通过减小第一谱幅值来调整对应的幅值比。这使水印不能够被用户察觉。在为任一状态确定的幅值比已经被表示为原始或未修改的有用信号的情况下，有用信号不被修改。这是通过本发明指定谱幅值比为其中一个谱幅值大于或等于另一个谱幅值而不是指定某些固定值来实现的。

[0018] 在本发明的印记数字水印的方法的优选实施例中，确立位时间长度，其表示一个时间长度，在该时间长度内由单个位表示的状态被印记到有用信号中。该值可以由用户来

选择（例如，作者、发行人、销售者等）或者由标准化组织，如欧洲广播联盟 www.ebu.ch 指定一个固定值。这样此值可作为常量编程到印记装置中。

[0019] 在这些实施例中，通过使用水印位序列的位数以及位时间长度来进一步计算段时间长度，该段时间长度表示这样的时间长度：在这个时间长度内水印位序列被印记到有用信号。选择具有至少段时间长度的时间长度的一段有用信号，以印记水印位序列。这样可以选择有用信号中水印的最佳位置。

[0020] 在进一步开发的实施例中，选择两个或更多的非重叠段将水印位序列两次或更多次印记有用信号。这样可以甚至更可靠地嵌入和检测水印。

[0021] 已经发现阈值参数的第一个值和第二个值相等对于可靠的嵌入 | 响应 | 检测过程是合适的。此外，阈值参数的有效值在 1 和 10 之间。这些值一方面提供可靠的掩蔽，另一方面能够可靠地检测水印信号。

[0022] 在本发明的印记方法的优选实施例中，计算有用信号中频率的信号强度，特别对于段，并由此选择印记频率。这样可以确定有用信号的频谱内的频率或频率范围，所述频率或频率范围传送最大信号强度或最大信号功率。在其中嵌入辅助数据使水印非常 | 透明 |。此外，当信号压缩时（比如众所周知的 MP3 压缩格式），高能量区域中的信号波形不会被显著改变。

[0023] 在本发明方法的另外实施例中，第一印记频率和第二印记频率从具有相对于有用信号频谱的窄带宽的频带内选择，特别是具有低于 200Hz 的带宽，对于音频信号是低于 100Hz 的带宽的频带。若相邻频率的幅值符合惯例要求，那么在具有大多数传送通道频率响应的传送过程中，相邻频率的幅值不会明显改变。因此，彼此相邻的印记频率的幅值比可以抵抗传递失真。

[0024] 若有用信号表示为数字信号，比如 PCM 信号，则可以有利地运用本发明的方法。在这种情况下，印记幅值比是很容易实现的。

[0025] 在本发明的印记方法的另外实施例中，水印位序列包含一个或多个用于检测水印位序列的同步位序列和用于识别有用信号的标识符位序列。这样可以可靠地检测水印。此外，在对水印位序列中的标识符位序列编码时可使用防错码，另外保护标识符位序列，比如防止传递错误。

[0026] 在特别优选的实施例中，将分离的数字水印印记到有用信号上，特别是分离频带中的信号。这可以将比如作者、发行人和销售人的不同水印印记到原始信号上。由于在不同的频率带上的印记是独立完成的，因此每个水印还可能被多次印记。

[0027] 根据本发明的一种在有用信号中特别是音频信号中检测数字水印的方法具有如下特征：有用信号代表包含有用信号频率比如音频频率的频谱随时间的变化，数字水印被表示为水印位序列，该水印位序列的每一位代表第一状态比如“1”和第二状态比如“0”的其中之一。此外，根据这种方法，可计算有用信号在第一印记频率的第一谱幅值和有用信号在第二印记频率的第一谱幅值的比。若谱幅值比大于或等于 1，则检测到第一状态，否则就检测到第二状态。这样根据上面讨论的本发明方法能够可靠检测到印入到有用信号中的水印。

[0028] 在本发明的检测方法的优选实施例中，确立一个位时间长度来表示一个时间长度，其中由单个位表示的状态在该时间长度内从有用信号中被检测到。对每个位时间长度，

所检测状态的标志和比率参数的值相互关联地存储在检测位序列中,其中若该值等于或大于 1,比率参数表示计算出的比率的值,否则比率参数表示计算出的比率的倒数值。这可以对检测到的位进一步处理,并估计它们各自的检测可靠性。

[0029] 在进一步开发的实施例中,在检测位序列中,执行对预定同步位序列是否存在的检索,并且若成功检测到存在,则执行对标识符位序列的检索或搜索。

[0030] 具体说,检索预定同步位序列的存在包含:确定检测序列和同步位序列之间的匹配位,并确定包含匹配位的预期同步位序列。还可包含计算隐含了预期同步位序列的检测位序列中对应位的比率参数值的第一平均比值。

[0031] 若匹配位数至少为同步位序列的位数减 1,并且第一平均比值大于或等于预定阈值,则同步位序列的存在可有利地视为成功的检测。

[0032] 在成功检测到同步位序列的存在的情况下,已经发现在所检测的位序列的成功匹配位附近重复检索是可取的,因此若匹配位数等于同步位序列的位数,则重复检索成功。这进一步增加了检测过程的可靠性。

[0033] 标识符位序列的检索可包括:利用隐含了预期同步位序列的所检测位序列的位后面的所检测位序列的位确定预期标识符位序列,并计算隐含了预期标识符位序列的检测位序列的那些位的比率参数值的第二平均比值。

[0034] 有利的是,若第二平均比值大于预定阈值,则确定在所检测位序列的成功匹配位附近的另外的预期标识符位序列和计算各自的第二平均比值,并且将标识符位序列确定为具有最大平均的第二平均比值的预期标识符位序列之一。

[0035] 此外,当从所检测的位序列中解码标识符位序列时可采用防错码。

[0036] 为了进一步提高检测过程的可靠性,比较两个所检测的标识符位序列,并且当两个所检测的标识符位序列相同时输出成功检测出标识符位序列的指示。

[0037] 在检测方法的优选实施例中,若在检测位序列中没有检测到同步位序列,则将检测频率移动到相邻频率,而第一和第二检测频率的差保持恒定并且重复检索同步位序列是否存在。因而可能检测到水印,即使因传送错误或恶意攻击有用信号而导致有用信号频率被移动。

[0038] 前述方法可在计算机程序上实现,此程序可运行在可编程计算机、可编程计算机网络或另外的可编程设备上。这使得本发明方法的实施开发廉价、方便和快速。尤其是,这种计算机程序可存储在计算机可读介质中,比如 CD-ROM 或 DVD-ROM。

[0039] 用于本发明方法的装置应特别包括安装了实现本发明的计算机程序的可编程计算机、可编程计算机网络或另外的可编程设备。

附图说明

[0040] 通过关于附图的本发明实施例的以下描述,本发明的其他方面和优点将变得更加清楚。附图示出:

[0041] 图 1 为根据本发明的数字水印位序列示意图;

[0042] 图 2 为根据本发明实施例的用于印记三个水印到有用信号的三对印记频率;

[0043] 图 3 为说明根据本发明的印记水印的方法实施例的流程图;

[0044] 图 4a,图 4b 是说明根据本发明的检测水印的方法实施例的流程图;

[0045] 图 5 是根据本发明实现的具有水印检测方法的音频播放器网页的示例。

具体实施方式

[0046] 在有用信号中嵌入数字水印的发明方法的一个优选实施例基本包括下面的步骤：

[0047] -- 产生编码成 $2n_b$ 位固定序列和 $2m_b$ 位随机序列的一个水印位序列；

[0048] -- 通过跟踪原始信号选定频率的幅值并根据水印位序列的当前位修改这些幅值，使用两个给定频率的自适应频率调制，将水印位序列嵌入到有用信号的频域。

[0049] 在下面的 1) 和 2) 部分详细描述这些步骤。

[0050] 1) 产生水印位序列

[0051] 嵌入了标记码 (Seal Code) 的有用信号应有唯一的标识符。二进制序列由随机数字发生器产生并用作具有位长度 m_b 的标识符位序列。 m_b 值优选为 $8 \text{ 位} \leq m_b \leq 32 \text{ 位}$ ，允许在数据库中存储从 256 到超过 40 亿的唯一位序列，从而对有用信号的相同编号做标记。由 m_b 确定的可能的水印数量可以通过水印系统的操作员来定义，比如发行公司。

[0052] 在上述的数据库中，其他字段可以保留关于信号（比如音频轨迹）所有者和 / 或最终用户的信息。例如，数据库中包含音乐作品的标题，其作者的姓名，演奏者姓名和音轨所有人（发行人）等等。

[0053] 预先产生标识符位序列。唯一标识符的预定义列表存储在数据库中，而应用程序选择所请求的数据库条目的其中之一并对该条目的其他字段进行赋值。当然，故意产生标识符也是可能的。

[0054] 下面详细描述的实施例在有用信号中嵌入了三个水印。第一个水印或标记码的标识符二进制序列长度为 $m_b = 32$ 位，第二和第三个标记码的标识符二进制序列长度为 $m_b = 16$ 位。三个标记码可以根据三种级别（例如所有人，发行人，销售人）来跟踪有用信号。替代地或此外，通过在两种或三种平行的级别嵌入相同的水印，三个码可被用于和 / 或提高水印检测的可靠性。

[0055] 为了更详细描述上面的例子，三种级别可视为与三种级别的信息相关，即：

[0056] 级别 1：权利所有人和一般产品信息；

[0057] 级别 2：数字权管理，发行信息，许可和生产信息；

[0058] 级别 3：个人信息（可用来为私人的可记录光盘 CD-R 输入接受者的姓名）。

[0059] 水印的基本结构，也就是水印位序列，在图 1 中示例说明。标记码以 $2n_b$ 位固定同步序列开始，此固定同步序列用来在检测过程中定位水印。在友好的信号检测中， $2n_b$ 位序列作为密钥使用。在此处描述的实施例中，所用 n_b 值为 15。同步序列的后面是采用纠错码 ($2m_b, m_b$) 编码的标识符位序列。这个码可以纠正单位误差 (single-bit error)，并检测双位误差。因此在这个实施例中水印位序列的长度为 $2n_b + 2m_b = 94$ 位。当然， n_b 值可以是更大或更小，从而导致长度不同的水印位序列。

[0060] 当水印位序列嵌入到音轨，也就是有用信号中时，水印位序列的单个位 T_{bit} 的持续时间通常应满足下面的不等式：

[0061] $0.05 \text{ 秒} \leq T_{bit} \leq 0.2 \text{ 秒}$

[0062] 精确值可由印记装置的用户设定。因而，对标记码进行一次编码需要一段持续时

间为 T_{code} 的有用信号并且

[0063] $4.7 \text{ 秒} \leq T_{\text{code}} \leq 18.8 \text{ 秒}$

[0064] 精确值取决于选定的 T_{bit} 值。通常, T_{code} 的这些值小于现有技术的嵌入方法中的值。这是本发明的重要优点,因为这允许在有用信号的全长中几次嵌入标记码,这又允许在信息信号的分段中检测水印。另外,EBU 建议将在其内嵌入水印的段长设置为 10 秒。使用本发明可很容易达到这个标准。

[0065] 参数 n_b , m_b 和 T_{bit} 的精确值的选定取决于其上要印记水印的有用信号的时间和频率特性。对于大部分谱能量密度低于 4000Hz 的音频信号,上述参数值是最优值。

[0066] 2) 调制有用信号

[0067] 此处所描述的实施例中,在计算机上对有用信号进行处理。因而,有用信号为一个样本序列

[0068] $x_n, n = 0, 1, 2, \dots, L-1$

[0069] 其采样频率为 F_s 。由于有用信号是音频信号,因此序列作为 WAV 文件被存储和处理,技术人员了解 WAV 文件结构。

[0070] 基于上述的水印位序列,形成水印信号。根据本发明的印记方法将该信号嵌入到有用信号 x ,即嵌入到 WAV 文件中的音频信号。下面将详细描述此过程。

[0071] 首先,搜索有用信号的一个段或若干段,在这些段中可以嵌入水印位序列而没有可察觉的变化。因而, T_{code} 长度段和在时域和频域中掩蔽标记信号的足够信号能量联系在一起。与已知方法相反,已知方法的操作是在时域或频域中直接将水印信号添加到有用信号,而本发明的方法是采用自适应频率调制改变有用信号的固定频率。

[0072] 此处描述的例子中,在频率范围 400 到 2000Hz 中选定三对频率, (f_1, g_1) , (f_2, g_2) , (f_3, g_3) 用于三个独立的标记信号。选定的频率范围包含大部分的信号能量。此选择原理具有如下优点:

[0073] 一 保证所需的可嵌入带有噪声防护的标记信号的 T_{code} 长度段的数量;

[0074] 一 当信号被压缩后(例如使用最常见的 MP3 格式),信号波形在该频率范围内不会显著改变。

[0075] 频率选择如图 2 所示。每对频率都在它自己的临界频带以内。频率被选择为 $1/T_{\text{bit}}$ 的倍频,且同一对频率中的两个频率之差不超过 100Hz。本发明的其他实施例中,此差值可以更大,但是出于检测的可靠性的原因,此差值最好不超过 200Hz。

[0076] 以一对频率即 (f_1, g_1) 为例阐述此发明的自适应频率调制。其他频率对也做相应处理。有用信号的选定段被处理为长度 T_{bit} 的时间间隔序列。对于每个时间间隔,信号的同相分量和正交分量计算如下:

$$[0077] \quad A_{f_1}^c = \sum_{n=0}^{N-1} \cos\left(\frac{2\pi f_1}{F_s} n\right) x_n, A_{f_1}^s = \sum_{n=0}^{N-1} \sin\left(\frac{2\pi f_1}{F_s} n\right) x_n$$

$$[0078] \quad A_{g_1}^c = \sum_{n=0}^{N-1} \cos\left(\frac{2\pi g_1}{F_s} n\right) x_n, A_{g_1}^s = \sum_{n=0}^{N-1} \sin\left(\frac{2\pi g_1}{F_s} n\right) x_n,$$

[0079] 根据下面等式,这两个分量然后用于计算有用信号在频率 f_1, g_1 处的频谱幅值:

$$[0080] \quad A_{f_1} = \sqrt{A_{f_1}^c{}^2 + A_{f_1}^s{}^2} \quad (1)$$

$$[0081] \quad A_{k_1} = \sqrt{A_{k_1}^c{}^2 + A_{k_1}^s{}^2} \quad (2)$$

[0082] 还有附加值

$$[0083] \quad r_1 = \frac{A_{f_1}}{A_{g_1}}$$

[0084] 若将当前位被编码为“1”且

$$[0085] \quad r_1 \geq \gamma_s,$$

[0086] 则原始信号保持不变。

[0087] 而若

$$[0088] \quad 1 < r_1 < \gamma_s,$$

[0089] 则 g_1 的同相分量和正交分量除以 λ_s 。根据下面等式得到新的信号值：

$$[0090] \quad y_n = x_n - \lambda_s \left(A_{g_1}^c \cos\left(\frac{2\pi g_1}{F_s} n\right) + A_{g_1}^s \sin\left(\frac{2\pi g_1}{F_s} n\right) \right)$$

[0091] 最后,若

$$[0092] \quad r_1 \leq 1,$$

[0093] 则 g_1 的同相分量和正交分量由新值代替,并且根据下面公式产生新的信号值：

$$[0094] \quad y_n = x_n - (1 - \lambda_s r_1) \left(A_{g_1}^c \cos\left(\frac{2\pi g_1}{F_s} n\right) + A_{g_1}^s \sin\left(\frac{2\pi g_1}{F_s} n\right) \right)$$

[0095] 同样,若将当前位被编码为“0”,则 f_1 的同相分量和正交分量的修改取决于比率：

$$[0096] \quad r_0 = \frac{A_{g_1}}{A_{f_1}}$$

[0097] 此参数值

$$[0098] \quad 1 < \gamma_s < 10$$

[0099] 且 λ 由用户设定。这些参数允许在确定类别的标记信号的可靠掩蔽和可靠检测之间进行折衷。

[0100] 若幅值比的特性符合惯例要求,那么因此确定的幅值比不会因传送通道频率响应而发生明显改变,因为这些频率是彼此接近的。本发明的算法还包含一个自动频率控制系统,它提供附加保护以防止有意或无意的频率移动。下面进行阐述。

[0101] 因此一种在有用信号中嵌入数字水印的设备包含一个辅助数据发生器,它产生用作有用信号(x)的标识符的 m_b 位水印位序列。随机数字发生器或 2^{m_b} 个唯一数字的预定义列表被用作辅助数据发生器。 $2n_b$ 位的同步序列被用作友好的信号检测的密钥。

[0102] 通过采用纠错码($2m_b, m_b$)可以有利地促进可靠检测。能够精确确定标记信号的 $2m_b$ 位编码跟在固定的 $2n_b$ 位序列之后。因此,水印位序列包含由 $2n_b$ 位同步位序列(固定的)和 $2m_b$ 位纠错码组成的长度为 $2n_b + 2m_b$ 位的二进制序列。

[0103] 嵌入设备还包含一个将水印位序列编码到有用信号(x)中的调制器。 $(2m_b, m_b) T_{bit}$ 秒长度的有用信号段应允许嵌入水印位序列而且保持初始源信号的质量,且同时很难通过听觉或视觉检查检测水印位序列。执行的准备嵌入的步骤如图3所示。

[0104] 于是调制器选择有用信号x的一段,其能够调节水印位序列而没有可察觉的改

变。而后调制器通过改变有用信号 (x) 的频谱中两个已选频率 (f, g) 的幅值, 顺序地对水印位序列进行编码。频率对 f, g 可能更适合在一个频差不超过 200Hz 的临界频带内以及在有用信号的最大功率密度的频域内选择。

[0105] 对于时间间隔 T_{bit} , 在频率 f 和 g 处计算有用信号的幅值。若当前位为“1”且 $A_f > A_g \gamma_s$, 则原始信号保持不变。否则计算新值 $A_g = A_f / \gamma_s$ 且相应调制有用信号。同样, 若当前位为“0”且 $A_g > A_f \gamma_s$, 则原始信号保持不变。否则, 计算新值 $A_f = A_g / \gamma_s$ 且相应地调制有用信号。可变参数 γ_s 允许在时域和频域中掩蔽已改变的有用信号 y 中的水印位序列。

[0106] 由此, 产生了具有嵌入水印位序列的有用信号 (y, 见下文)。同一个水印位序列可能在有用信号中重复出现, 重复次数与已识别出的 x 的合适段的数量相同。

[0107] 检测有用信号中数字水印的发明方法的一个优选实施例基本包括如下步骤:

[0108] 一 通过双通道频率检测器检测位序列;

[0109] 一 在带有可靠性估计的频率检测器的输出序列中检索前 n_b 位;

[0110] 一 在带有可靠性估计的频率检测器的输出序列中检索下一组 n_b 位;

[0111] 一 检测和解码具有预置可靠性的 m_b 位的标识符位序列。

[0112] 这些步骤将在下面的 3) 和 4) 部分详细讨论且在图 4a, 4b 中进一步图解说明。

[0113] 3) 检测有用信号中的数字水印

[0114] 根据本发明的这个实施例, 双通道频率检测器用来检测水印位序列或标记码。

[0115] 各通道的输出为频率 f_1 或 g_1 的幅值 (图 2), 在时间间隔 T_{bit} , 通过对与前面部分提到的公式 (1), (2) 相同的表达式求值计算这些幅值。

$$[0116] \quad \hat{A}_{f_1} = \sqrt{\left[\sum_{n=0}^{N-1} \cos\left(\frac{2\pi f_1}{F_s} n\right) y_n \right]^2 + \left[\sum_{n=0}^{N-1} \sin\left(\frac{2\pi f_1}{F_s} n\right) y_n \right]^2}, \quad (3)$$

$$[0117] \quad \hat{A}_{g_1} = \sqrt{\left[\sum_{n=0}^{N-1} \cos\left(\frac{2\pi g_1}{F_s} n\right) y_n \right]^2 + \left[\sum_{n=0}^{N-1} \sin\left(\frac{2\pi g_1}{F_s} n\right) y_n \right]^2}。 \quad (4)$$

[0118] 此处, y_n 是具有嵌入的标记信号的有用信号。

[0119] 而后检测器计算比率:

$$[0120] \quad \Delta_i = \frac{\hat{A}_{f_1}}{\hat{A}_{g_1}}。$$

[0121] 若将所检测的位序列指定为:

[0122] $B_i, i = 0, 1, \dots, 2n_b + 2m_b - 1,$

[0123] 则当前位的值应为:

[0124]

$$B_i = \begin{cases} 1, & \text{如果 } \Delta_i \geq 1 \\ 0, & \text{如果 } \Delta_i < 1。 \end{cases}$$

[0125] 另一种情况下变量 Δ 重新赋值为:

$$[0126] \quad \Delta_i = \frac{1}{\Delta_i}。$$

[0127] 标记信号检测器对输入信号 y_n 处理的结果是位序列 $\{B_i\}$ 和数值序列 $\{\Delta_i\}$ 。两个

序列然后被提供给下文描述的标记码检索子系统的输入端。

[0128] 4) 检索水印位序列

[0129] 标记码检索子系统的目的是在位序列 $\{B_i\}$ 中高可靠性实时检测标记码,即具有图 1 描绘的结构的水印位序列。根据此处讨论的本发明的实施例,要执行下列步骤:

[0130] 步骤 1:采用相对大的检索步骤,粗略检索 B_i 中固定同步序列的前 n_b 位。因此比较来自检测器的输入位与存储在系统中的同步序列的 n_b 位,并计算相应 Δ_i 值的和。若匹配位的数量不少于 n_b-1 ,则计算平均值来估算匹配的可靠性:

$$[0131] \quad \bar{\Delta}_1 = \frac{1}{n_b} \sum_{i=0}^{n_b-1} \Delta_i \quad (5)$$

[0132] 若这个平均值超过阈值:

$$[0133] \quad \Delta_1 \geq Th_R,$$

[0134] 则考虑检测同步序列的前 n_b 位,且算法进行到下一个检索步骤。否则以新的 B_i 序列重复步骤 1。

[0135] 步骤 2:粗略检索同步序列中前 n_b 位之后的下一组 n_b 位。检索与步骤 1 相似。新的平均值计算如下:

$$[0136] \quad \bar{\Delta}_2 = \frac{1}{n_b} \sum_{i=n_b}^{2n_b-1} \Delta_i,$$

[0137] 为了成功检索出结果该平均值也应超过相同阈值:

$$[0138] \quad \Delta_2 \geq Th_R.$$

[0139] 若满足,则算法运行到步骤 3。否则以新的 B_i 序列重复步骤 1。

[0140] 步骤 3:以减小的增量执行检索,即精确检索邻近已检测的 $2n_b$ 位的同步序列的 $2n_b$ 位。

[0141] 若所有位均与固定序列匹配则考虑检测同步序列,且新平均值:

$$[0142] \quad \bar{\Delta}_{12} = \frac{1}{2n_b} \sum_{i=0}^{2n_b-1} \Delta_i$$

[0143] 超过另一阈值:

$$[0144] \quad \Delta_{12} \geq Th_E.$$

[0145] 若没有检测到同步序列,则算法以新的位序列重复步骤 1。

[0146] 重要的是注意根据本发明所述标记信号检索子系统提供标记码的实时检测,且仅有 10^{-9} 量级的假报警概率。由数量级推荐要优于由 EBU 推荐。

[0147] 步骤 4:标记码的 $2m_b$ 位的平均值根据下式计算:

$$[0148] \quad \bar{\Delta}_M = \frac{1}{2m_b} \sum_{i=2n_b}^{2n_b+2m_b-1} \Delta_i.$$

[0149] 若它还超过另一阈值

$$[0150] \quad \Delta_M \geq Th_M,$$

[0151] 则检索临近所检测的标记码的任意标记码,且把具有最大平均值 $\bar{\Delta}_M$ 的标记码提供给下一步骤。否则重复步骤 1。

[0152] 步骤 5:纠错标记码的 $2m_b$ 位序列解码成 m_b 位的解码标记码。若发现任何无法修正的错误,则重复步骤 1。

[0153] 步骤 6 :比较两个连续检测的标记码以提高可靠性。若位序列相同,则可将其视为被成功检测的标记码或水印位序列。否则算法返回步骤 1,以找出带有标记码的另一个段。

[0154] 步骤 4-6 保证以高可靠性正确地检测标记码。若有用信号的长度不足以执行步骤 6,则检索在步骤 5 后完成。这样在纠错码中发现的任何错误将导致确定 :没有找到即使已经被印记的标记码。

[0155] 因此用来检测有用信号中的水印的设备包含一个处理可能嵌有水印位序列的有用信号的检测器。检测器计算两个选定频率的幅值并通过检测这些频率的比值 Δ 来确定逻辑状态“1”或“0”的存在。计算出的比值 Δ 用来估计水印位序列检测的可靠性。

[0156] 检测器还包括一个在由逻辑“1”和“0”组成的被检测序列中检索 m_b 位水印位序列的检索模块。在时间间隔 T_{bit} 顺序计算信号 y 在频率 f, g 的幅值和它们的比值,该比值决定了对应的逻辑值“0”或“1”。在整个 $(2n_b+2m_b)T_{bit}$ 段上将幅值比累加到一起并用幅值比来评估检索水印位序列的可靠性。

[0157] 此模块首先以 k 位步长检索同步位序列的前 n_b 位,直至模块识别出带有高于阈值 T_{br} 的平均值 $\bar{\Delta}$ 的 $n_b-\Delta_b$ 个正确位。而后检索同步序列的下一组 n_b 位。然后检索模块通过将检索步长减小到 1-2 个采样点来更精确确定 $2n_b$ 位同步序列的位置。然后检索模块计算纠错码的 $2m_b$ 位,通过相应的 Δ 值的平均值评估纠错码的可靠性,最后从 $2m_b$ 位序列中解码出 m_b 位水印位序列。

[0158] 本发明能够实时在所检测位序列中检测 $2m_b$ 位水印位序列(例如,当听音频文件时)。检索固定同步序列的前 n_b 位,直到检测到匹配序列且其可靠性估计超过指定阈值。在前 n_b 位之后直接检索下一组 n_b 位。若没有检索到,则检索下一个段。检测到 $2n_b$ 位的全部同步序列后,下一个 $2m_b$ 位被解释为具有某个可靠性估计的标识符位序列,其应该超过另一阈值,在这种情况下可将 $2m_b$ 位的纠错码解码成 m_b 位的标识符码。否则从下一段开始重新检索。这样的迭代过程将水印位序列错误检测的概率降低到非常小的值。

[0159] 仅当两个连续检测的水印位序列彼此相同时,认为检测到水印位序列,这可以另外提供高可靠性检测和防止错误检测。否则继续检索。若有用信号长度不允许检索两个连续的水印位序列,则在解码器没有发现任何错误情况下最好视为已找到水印位序列,否则视为丢失水印位序列。

[0160] 通过在有用信号频谱中选择多于 1 组的频率对,比如选择 3 组频率对,本发明能够嵌入和检测多于 1 个的独立水印,例如三个独立水印。

[0161] 可选的自动频率控制

[0162] 本发明中的自动频率控制系统为防止在有用信号频谱内有意或无意的频率移动提供了保护。

[0163] 若在前 n_s 检索段中没有检测到前 $n_b-\delta_b$ 位,并且检索质量低于预置阈值,则开启对频率 (f_1, g_1) 的自动频率控制。

[0164] 新的基础频率 $(\tilde{f}_1, \tilde{g}_1)$ 按下式查找或确定 :

[0165]

$$\begin{cases} \tilde{f}_1 = f_1 + \delta_f k, \\ \tilde{g}_1 = g_1 + \delta_f k, \end{cases} \text{其中 } -15 \leq k \leq 15, \delta_f = 2 \text{ Hz}$$

[0166] 若 $|k| > 15$,则有用信号严重失真。

[0167] 为了检索到每对 $(\tilde{f}_1, \tilde{g}_1)$ 的前 $n_b - \delta_b$ 位, 对段进行检索。若检测到正确的 $n_b - \delta_b$ 位, 则固定新的基础频率, 从而以这些频率继续对标记码进行检索。

$$[0168] \quad \begin{cases} f_1 = f_1 + \delta_f k^* \\ g_1 = g_1 + \delta_g k^* \end{cases}$$

[0169] 本发明的优选实施例中, 印记和检测方法可以通过软件、硬件或由两者共同实现。在如程序或程序模块的计算机可读指令形式的适当的编程语言的辅助下, 对每种方法或其部分进行描述。这些计算机程序可安装在一部或多部计算机上或诸如此类的可编程设备上, 或由它们执行。为了存储和发布, 可将这些程序存储在可移动介质 (CD-ROM, DVD-ROM 等) 或其他存储设备中, 或者可以通过互联网发布。

[0170] 实现本发明检测方法的设备可以是用在个人电脑上的音频播放器工具。这些播放器可以是具有合适软件的专用硬件, 即独立播放器, 或在个人电脑的桌面显示上被激活, 被集成到网页中或作为插件下载和安装, 用来在已知播放器中运行。

[0171] 作为一个例子, 图 6 示例说明了实现了本发明的水印检测方法的网页播放器。根据用户请求, 播放器开始播放请求的音轨并在有用信号中检索水印。图 6 的屏幕截图示例说明了在开始音轨处理后的 18 秒状态, 在此已经成功检测出第一个水印并且为用户显示了相关信息。

[0172] 一旦检测到水印, 播放器可根据有关检测的配置指示显示, 比如一条简单的讯息“发现水印”, 和 / 或显示部分或所有水印信息, 和 / 或执行另外的操作。例如, 为了接受和显示更多关于水印原始数据的信息, 播放器可通过互联网访问数据库 (未在图 6 中示出)。另一种选择或附加地, 播放器可访问关于原始数据的网页。

[0173] 本说明书描述了本发明的一些适当的实施例。许多另外的实施例是可能的, 且对于技术人员是显而易见的, 而不脱离由所附的权利要求专门定义的本发明范围。

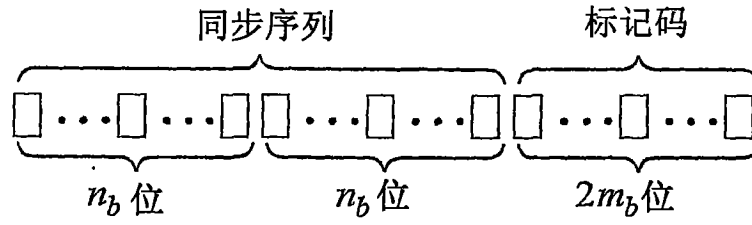


图 1

f_1	g_1	f_2	g_2	f_3	g_3
500	600	700	800	900	1000

图 2

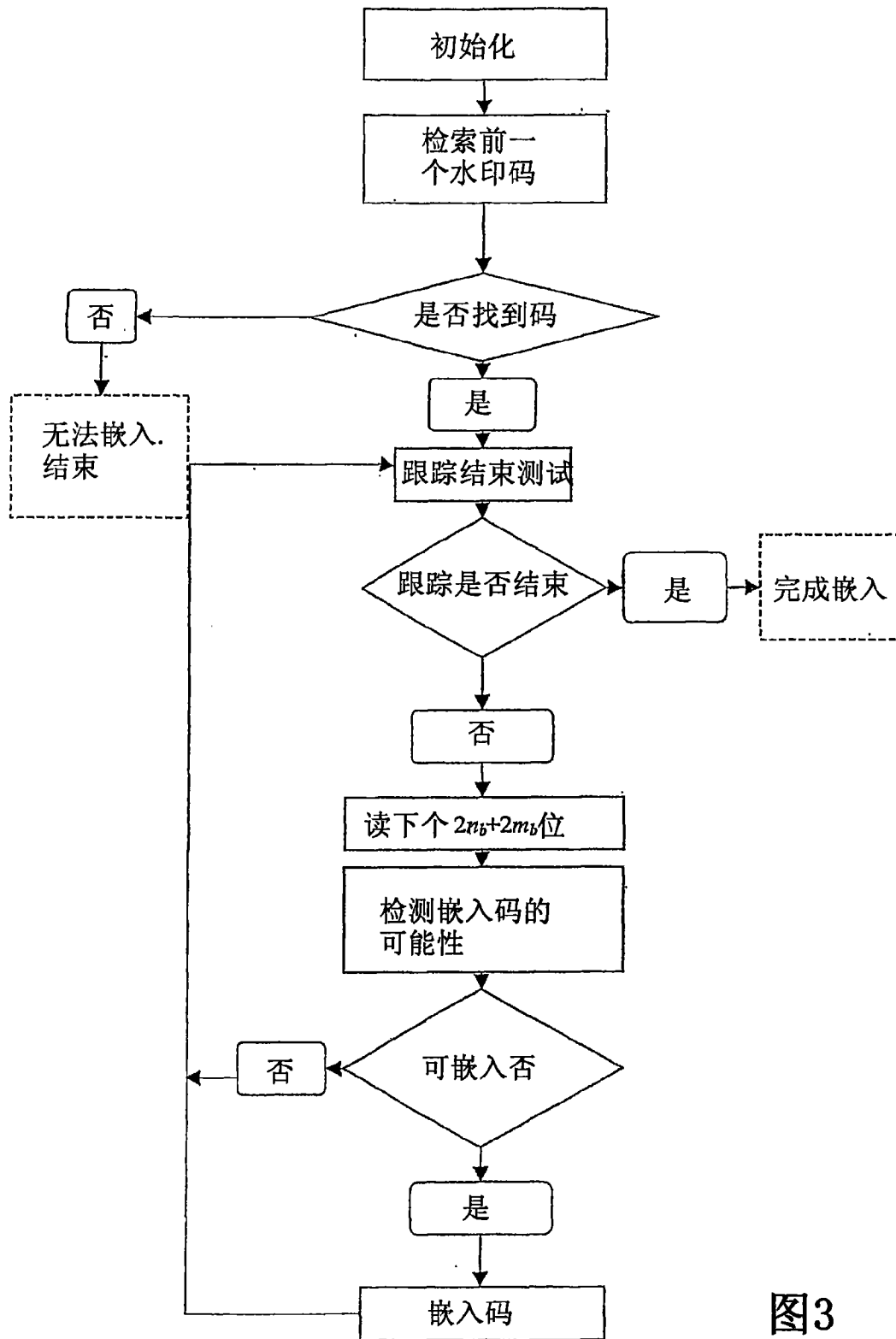


图3

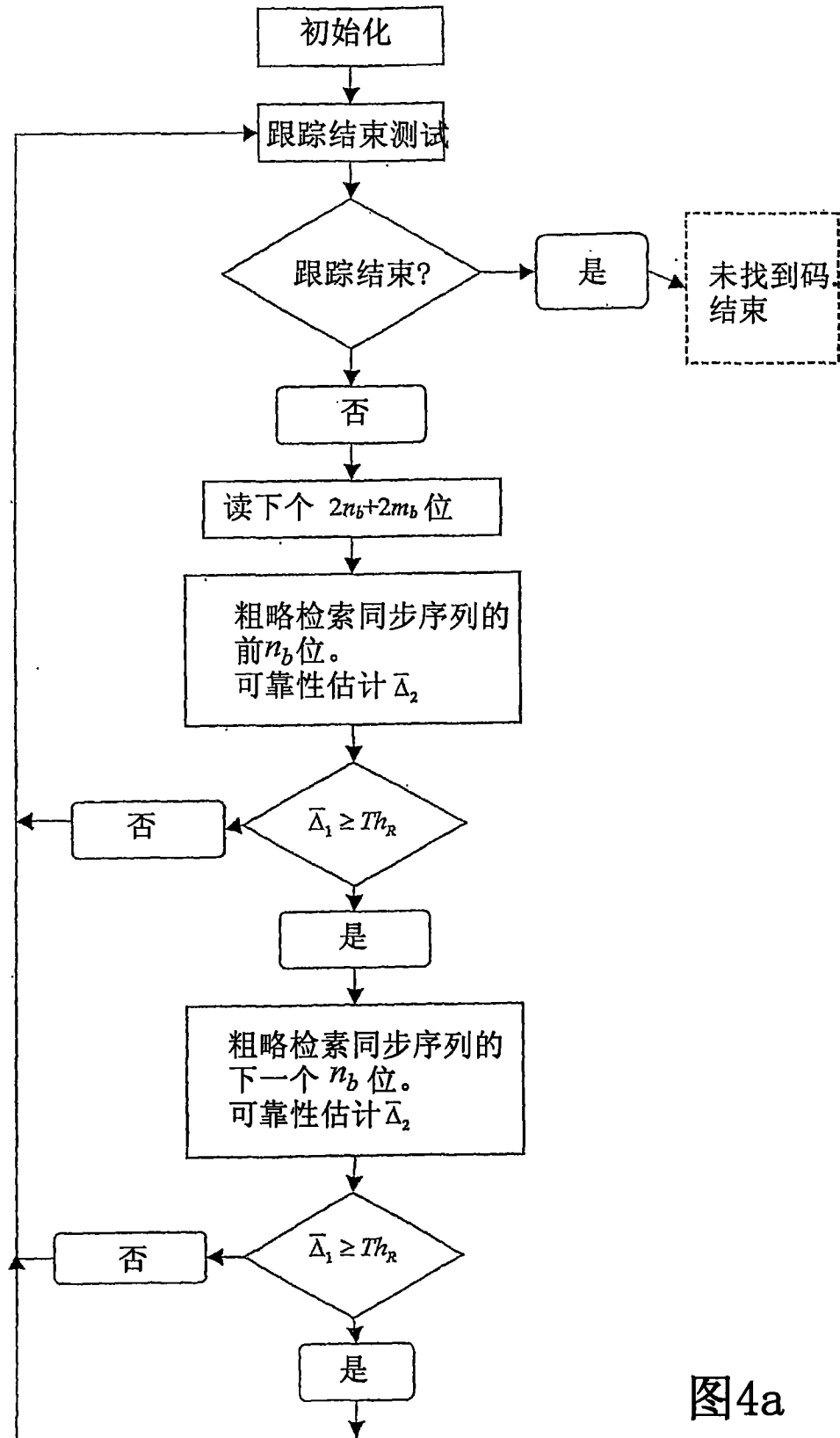


图4a

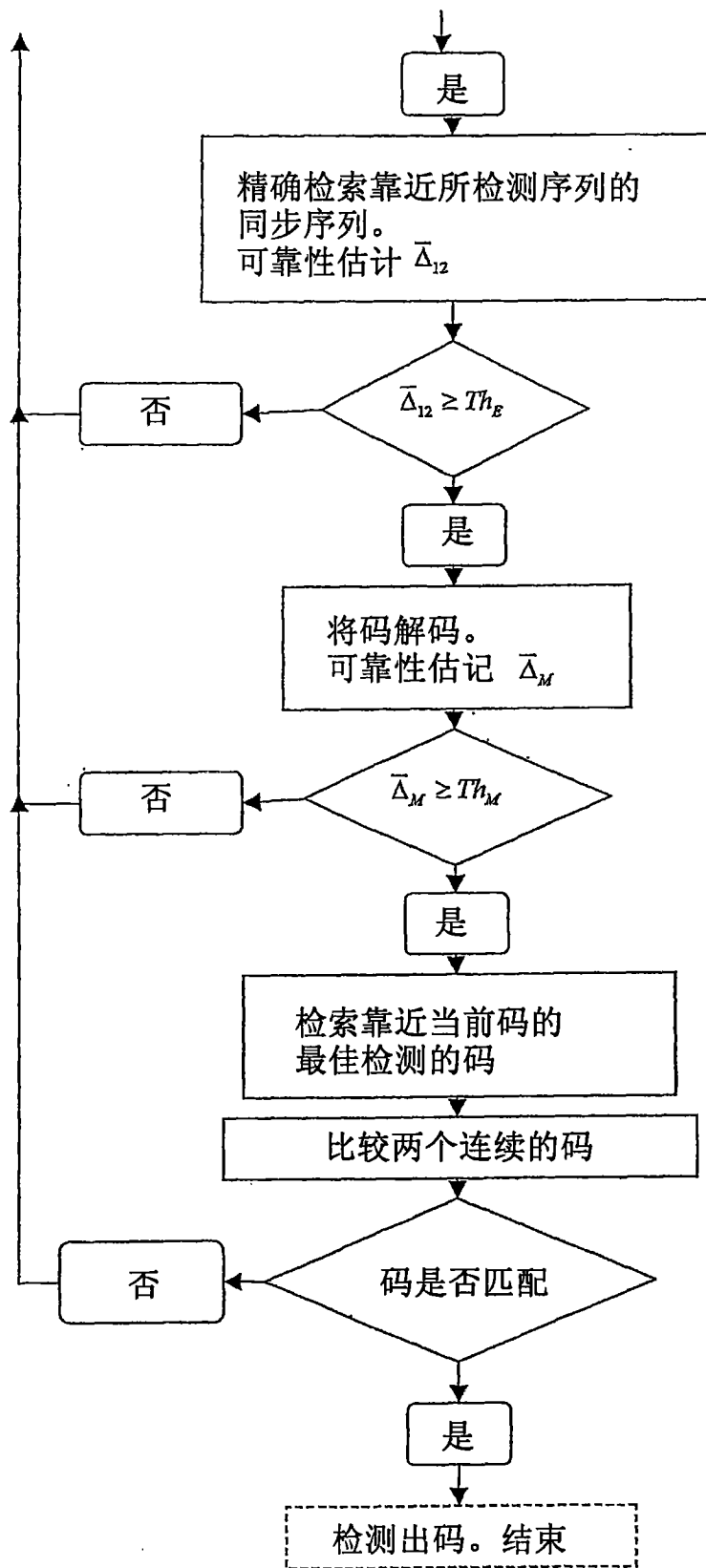
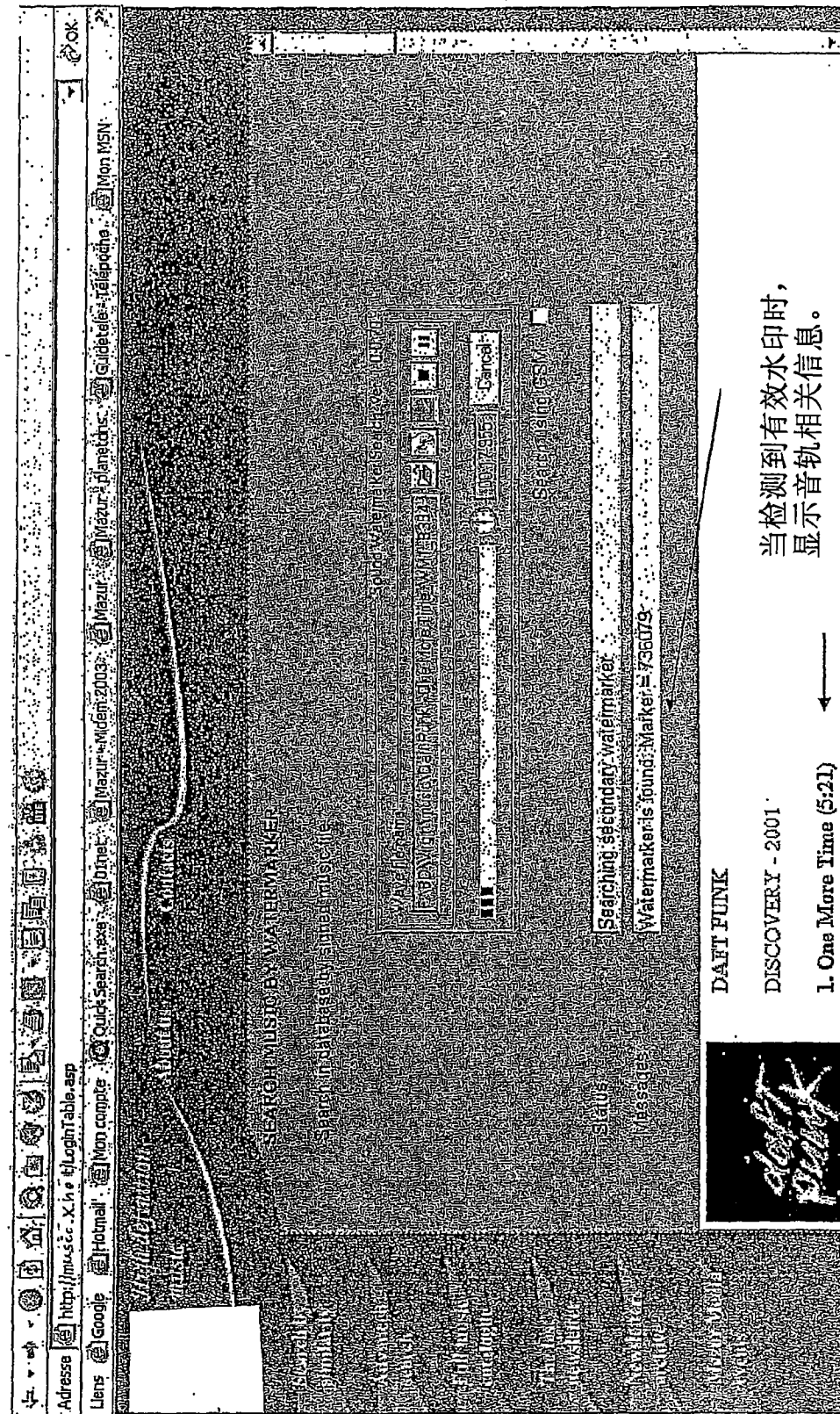


图 4b



当检测到有效水印时，
显示音轨相关信息。

图5