



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03817711.0

[43] 公开日 2005 年 9 月 21 日

[11] 公开号 CN 1672172A

[22] 申请日 2003.7.7 [21] 申请号 03817711.0

[30] 优先权

[32] 2002. 7. 22 [33] EP [31] 02077982. 3

[86] 国际申请 PCT/IB2003/003095 2003. 7. 7

[87] 国际公布 WO2004/010376 英 2004. 1. 29

[85] 进入国家阶段日期 2005. 1. 24

[71] 申请人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 A·A·M·L·布鲁克斯

J·A·哈特斯马 M·范德维恩

A·A·C·M·卡克

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

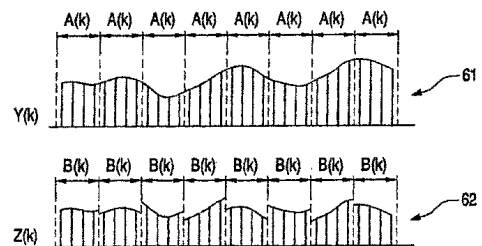
代理人 李亚非 陈景峻

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 发明名称 水印检测

[57] 摘要

公开了一种基于计算可疑信号和水印之间的交叉相关性的水印检测方法。为了对负面影响对比的加长的优势信号部分更健壮，要同水印对比的信号样本序列(61)被分为子序列(A(k))。由加权函数处理子序列以获得更改后的子序列(B(k))，更改后的子序列分别显示了初始的信号变化，但是共同显示了(62)了样本值的更平滑的分布。由此大大减少了信号中的主要峰值。



- 5 1. 用于检测信号中水印的一种方法，该方法包括以下步骤：计算信号样本序列和预定水印之间的相关性，检测所述相关性是否超出给定阈值，其特征在于，包括对上述信号样本序列的预处理，所述预处理包括下列步骤：
- 将信号样本序列分割为子序列；
  - 对一个子序列中所有信号样本进行同样的加权，并且从子序列到子序列改变所述加权，以获得信号样本在整个序列上基本平滑的一个分布；
  - 连接加权后的各子序列以获得信号样本的预处理序列。
- 10 2. 根据权利要求1所述的方法，在相关之前还包括累积多个信号样本序列的步骤，其特征在于，所述预处理过程被应用到所述累积的序列上。
- 15 3. 根据权利要求1所述的方法，其中所述分割信号样本序列为子序列的步骤包括分割成重叠的子序列。
4. 根据权利要求3所述的方法，其中所述重叠为50%。
5. 根据权利要求3所述的方法，其中分割成重叠的子序列的步骤包括对所述重叠的子序列应用窗口函数。
- 20 6. 根据权利要求1所述的方法，其中所述加权步骤包括傅立叶变换信号样本子序列，正态化傅立叶系数值，反变换正态化的系数。
7. 根据权利要求1所述的方法，其中所述加权步骤包括用一个子序列的所有信号样本除以所述子序列中最大的信号样本。
8. 检测信号中水印的一种装置，该装置包括包括：计算信号样本序列和预定水印之间相关性的计算装置、检测所述相关性是否超过给定阈值的阈值处理装置，其特征在于，该水印检测装置包括对信号样本序列进行预处理的预处理装置，该预处理装置包括：
- 将信号样本序列分割为子序列的分割装置；
  - 对一个子序列中所有信号样本进行同样的加权因数，并且改变子序列到子序列的加权，以获得信号样本在整个序列上基本上平滑的一个分布的加权装置。
  - 连接加权的各子序列，以获得信号样本的预处理序列的连接
- 30

装置。

9. 一种计算机程序产品，用来使计算机执行所述计算机程序，以完成如权利要求 1 到 7 中任意一个所主张的方法。

## 水印检测

## 5 1. 发明领域

本发明涉及检测信号中的水印的方法和设备,该方法包括如下步骤:计算信号样本序列和预定水印之间的相关性,并检测所述相关性是否超出了给定阈值。

## 2. 发明背景

10 水印是嵌入在信息信号(如音频和视频)内容中的隐藏信息。水印支持多种应用,如监控和复制控制。通常通过根据水印的相应样本修改信号样本将水印嵌入信号。术语“样本”指其中嵌入了水印的域中的信号值。

Jaap Haitisma, Michiel van der Veen, Ton Kalker 和 Fons  
15 Bruekers 在“Audio Watermarking for Monitoring and Copy Protection”(ACM Multimedia Conference, 2002, 10月30日-11月4日, 119-122页)一文中公开了用于音频的现有技术的水印嵌入和检测系统。音频信号被划分为多个帧并且转换为频域。水印序列被嵌入在每一帧的傅立叶系数的值中。检测器接收加了水印的音频信号的时域版本。接收到的信号被划分为帧并转换为频域。傅立叶系数的值同水印序列交叉相关。如果相关性超出给定阈值,就说水印存在。这种情况下,开始几段中定义的表述“信号样本序列”指的是  
20 音频帧的傅立叶系数的值。

Ton Kalker, Geert Depovere, Jaap Haitsmas 和 Maurice Maes  
25 在“A Video watermarking System for Broadcast Monitoring”(Proceedings of SPIE, Vol. 3657, 1999年1月, 103-112页)中揭示了用于视频的现有技术的水印嵌入和检测系统。在这个系统中,水印被嵌入在像素域。水印序列是一个贴在图像上的 $128 \times 128$ 的水印模式。水印检测器将 $128 \times 128$ 的图像块与水印模式相关。如果相关性足够大,就说水印存在。这种情况下,开始段定义的表述“信  
30 号样本序列”指的是 $128 \times 128$ 像素的图像块。

水印检测算法能够感知攻击或者特定的信号状态,例如存在于或

加入到音频信号中的强单音,或者存在于每个视频帧中固定位置上的明显标志以及每帧底端的白色小标题字母。

### 3. 发明目的和概要

本发明的一个目的是提高现有技术的水印检测算法的性能。

5 为此,依照本发明的方法的特征在于,该方法包括对所述信号样本序列的预处理,所述预处理包括下列步骤:

- 将信号样本序列分割为子序列;

- 对一个子序列中所有信号样本进行同样的加权,并且改变子序列和子序列之间的加权,以获得信号样本在整个序列上基本平滑的分布;

- 连接加权的各子序列以获得预处理后的信号样本序列。

依照本发明的检测方法在保持了表示水印的微小的信息变化的同时有效地抑制大的信号峰值。不需要知道或者探测信号中分布分量的位置就能实现这一点。

15 如果水印检测方法包括对多个信号序列的累积,本发明就特别有效。这种累积通常提高了检测的可靠性(水印序列叠加而信号被平均),但是在几乎所有的累积的序列中包括相同的分分量,就不再是这种情况。在依照本发明的方法的优选实施方案中,对所述累积的序列应用预处理。因此实现了有效地去除了累积的序列的分布分量。

20 在依照本发明的方法的一种有利的实施方案中,信号样本序列被划分为重叠的,最好窗口化的一组子序列。一种合适的窗口是众所周知的海宁窗,或者海宁窗的平方根。已经发现 50% 的重叠能产生好的效果。通过叠加加权子序列,得到将同水印相关的连接序列。

25 有利地,加权步骤包括傅立叶变换信号样本的子序列,正态化傅立叶系数的值,以及反向变换正态化后的系数。或者,加权步骤包括用一个子序列的所有信号样本除以所述子序列的最大信号样本。第二种选择,即缩放法,比第一种选择中通过正态化频域中的值而获得权重的数学复杂度较低。在两种实施方案中,都基于信号属性而适应性地对序列进行了加权。

### 附图概述

30 参考附图将明了本发明的这些和其它方面,并将参考附图而阐明

它们，附图如下：

图 1 示意性地示出了用于嵌入水印的现有技术的装置以提供与水印嵌入过程有关的背景信息；

图 2 示意性地示出了依照本发明检测水印的装置的优选实施方案；

图 3 示出了音频信号的相关性峰值图，以说明依照本发明的方法的性能；

图 4-6 示出了一些图以说明图 2 中所示的水印检测设备的操作；

图 7 示出了又一副相关性峰值图以说明依照本发明的水印检测方法的性能。

#### 实施方案描述

现在将参考对嵌入在音频信号中的水印的检测而描述本发明。首先描述嵌入装置以提供背景信息。图 1 示意性地示出了这样一个装置。该装置接收音频样本  $x(n)$  形式的音频信号，并且包括一个向信号添加水印  $w(n)$  的加法器 101。水印  $w(n)$  的主要部分是从傅立叶域中得到的。该设备包括一个分段单元 102，它将音频信号分为帧，或是 2048 个样本的序列。用傅立叶变换器 103 对这些序列进行变换。频域中的随机水印  $W(k)$  是从平均值和标准差分别为 0, 1 的正态分布导出的。水印  $W(k)$  被通过一个表示 10 位有效负荷的量在位移电路 104 中进行循环移位。使用乘法器 105，遵照如下公式：

$$W^i(k) = W^s(k) X^i(k)$$

修改傅立叶系数的值。 $i$  表示帧或序列的序号， $X^i(k)$  是帧  $x^i(n)$  的频谱表示， $W^s(k)$  是  $W(k)$  循环移位后的版本， $W^i(k)$  是最后得到的频域水印。逆傅立叶变换 106 用来得到时域水印表示  $w(n)$ 。

图 2 示意性地示出了依照本发明检验水印的装置的优选实施方案。如已经尝试在这个图中说明的那样，该装置包括三个主要阶段：累积 (1)，预处理 (2)，相关 (3)。

在累积阶段的分割单元 11 中，设备将可疑音频信号  $y(n)$  划分为帧或者 2048 个音频样本的序列  $y^i(n)$ 。对每个序列进行傅立叶变换 (12)，并计算傅立叶系数  $Y^i(k)$  的值。帧  $i$  的傅立叶系数的值构成

一个包括 1024 个实数的序列  $|Y|'(k)$ ，水印信息已经被嵌入其中。在该装置的优选实施方案中，通过累加器 14 累加多个这样的序列  $|Y|'(k)$  14，以获得累积的序列  $Y(k)$ 。选择累积的序列的数量以表示音频信号的一个周期，如 2 秒。

5 现在将简要描述相关阶段 3。对于使用相关的水印检测的详细描述，参见国际专利申请 W099/45707。相关阶段计算累积的信号样本序列（注意本例中“信号样本”指的是傅立叶系数的值）和水印序列  $W(k)$  的每一个可能的移位版本之间的相关性。相关阶段接收序列  $Z(k)$ 。最初将假设相关阶段直接从累积阶段 1 接收累积序列，也就是  
10  $Z(k) = Y(k)$ 。

用傅立叶变换最有效地计算  $W(k)$  的每个可能的变换版本的交叉相关性。传统的交叉相关性可以如下表示：

$$C = F^{-1} (F(Z(k)) \times F^*(W(k)))$$

其中  $F(.)$  指示傅立叶变换， $F^*(.)$  表示包括复傅立叶系数的共轭的傅立叶变换， $F^{-1}(.)$  表示逆傅立叶变换。各个傅立叶变换由图 2 中的傅立叶变换电路 31，32，33 完成。乘法由乘法器 34 执行。  
15

对称相位唯一过滤法（SPOFM）提高了检测性能。在这个交叉相关过程中，只使用了信号  $F(Z(k))$  和  $F^*(W(k))$  的相位信息。相位-唯一操作如下定义：

$$20 \quad P(x) = \frac{x}{|x|} \quad x \neq 0, P(0) = 1$$

由图 2 中的各个相位提取电路 35 和 36 完成。

峰值检测器 4 判定交叉相关函数  $C$  是否显示出大于给定检测阈值的峰值  $\rho$ （比如， $5\sigma$ ，其中  $\sigma$  是相关函数的标准偏差）。如果那样的话，就说水印  $W(k)$  存在。峰值检测器也获取所述峰值的位置，它  
25 对应于正在施加到水印  $W(k)$  的移位值，并因而表示 10 位有效负荷  $d$ 。不过，这个方面和本发明无关。

图 3 示出了在音频信号的 1 秒间隔中测量的相关性峰值  $\rho$  的图表。实线 31 指示一个普通音乐段的结果。可以很容易地看到，每个峰值都明显地超过了阈值  $5\sigma$ ，即信号含有嵌入的水印。虚线 32 指示  
30 现在被一很强的 15kHz 的正弦波干扰的同一段音乐的峰值。现在没有

一个峰值超过阈值  $5\sigma$ 。检测器将错误地判定这个信号没有嵌入的水印。该问题是参考图 4 和 5 而说明的。在图 4 中，数字 41 指示从一个普通音乐段中得到的典型的累积序列  $Y(k)$ 。在图 5 中，数字 51 指示从被干扰的同一段音乐中得到的对应序列  $Y(k)$ 。15kHz 的音调主导了音频信号，因此序列 51 中傅立叶分量，也就是携带水印信息的部分，的变化同序列 41 中的变化相比缩小到没有意义。

解决这个问题的一可能的方案是忽略部分信号，比如：干扰分量所在的部分视频帧或者部分音频频谱。比如，可以预先知道视频信号中标志的位置，以便可以忽略对应的像素。或者，如果音频水印检测器正在观测一 FM 音频终端，就可以忽略接近载波的频率。忽略部分信号可以看作对信号应用一个多少有点突兀的加权函数。但是，干扰部分的位置通常是未知的。需要某种机制来使加权函数适应信号。

为此，依照本发明检测水印的装置在累积阶段 1 和相关阶段 3 之间包含一个预处理阶段 2（参看图 2）。预处理阶段包括子分割单元 21，加权电路 22 和连接电路 23。

子分割元件 21 将累积的序列  $Y(k)$  分割为一组可能重叠且窗口化的子序列  $A(k)$ 。对于音频信号，其中累积序列  $Y(k)$  包含 1024 个信号样本，已经发现 16 个样本的子序列长度是一个不错的选择。

加权电路 22 对每个单个子序列应用加权函数。选择加权函数以使整个序列上信号样本的分布足够平坦并且保留了每一个子序列中信号样本的最初变化。“足够平坦”的表述可以指，比如，子序列的信号样本的平均值对所有子序列都相同。

在一种实施方案中，这是通过正态化频域中每个子序列的值而实现的。为此，加权电路执行下面的操作：

$$B(k) = F^{-1} (P (F (A(k))))$$

其中， $F(\cdot)$  指代傅立叶变换， $P(\cdot)$  指的是上面定义的相位唯一操作， $F^{-1}(\cdot)$  指示逆傅立叶变换。

在另一种实施方案中，加权是通过下面的缩放操作实现的：

$$B^k = \frac{A_k}{\max(|A_k|)}$$

其中， $A^k$  和  $B^k$  分别指原始子序列  $A(k)$  的样本和加权后的子序列

B(k) 的样本,  $|A_k|$  指的是子序列 A(k) 的所有信号样本中最大的绝对值。

5 加权后的子序列 B(k) 接下来被连接电路 23 连接, 以得到预处理后的序列 Z(k)。如果子序列相互重叠, 优选地在 B(k) 应用合适的窗口 (例如海宁窗口)。正是预处理后的序列 Z(k) 被输入相关阶段 3。

10 图 6 示出了几张图以示意性地说明预处理操作。参考符号 61 表示正在被划分成子序列 A(k) 的累积序列 Y(k)。参考符号 62 表示正在通过连接加权后的子序列 B(k) 而得到的序列 Z(k)。如同已经尝试示出的那样, 每个子序列 A(k) 都已经被加权。已经对一个子序列的所有信号样本应用了相同的加权因子, 但是对不同的子序列应用的是不同的加权因子。结果是在局部保留了信号样本中的变化的同时信号样本的分布更平滑了。

15 图 4 和图 5 说明实践中对一特定的音乐片断预处理阶段 2 的效果。如上所述, 图 4 中数字 41 指代从一个普通音乐片断中得到的累积序列 Y(k)。图 5 中数字 51 指代从正在被强 15kHz 音调干扰的相同音乐片断中得到的累积序列 Y(k)。该序列包含 1024 个累积的信号样本。数字 42 和 52 表示通过如方程式 (1) 所定义的那样, 正态化频域中每个子序列的值得到的相应的加权序列 Z(k)。数字 43 和 53 指的是如方程式 (2) 定义的通过缩放得到的相应加权序列 Z(k)。对两个音乐片断, 特别是被干扰的音乐片断, 两图显示可以期待由相关阶段检测出大得多的相关性峰值。

20 图 3 中示出了用依照本发明的水印检测算法获得的提高。在这张图中, 实线指的是普通的音乐片断, 虚线指的是被干扰的音乐片断。前面已经讨论过实线 31 和虚线 32。实线 33 和 35 示出了依照方程式 (1) 的加权操作的性能。实线 34 和 36 示出了依照方程式 (2) 的加权操作的性能。容易看出, 所有的最高相关性值都在峰值检测器 4 所用的阈值  $5\sigma$  之上。为了完整性, 图 7 为正在经过 MP3 编码随后又被解码的相同音乐片断应用加权操作的结果, 示出了带有相同图例和引用数字的相同图表。

30 在上面描述的实施方案中, 水印由傅立叶系数值的微小变化表示, 也就是在频域。但是, 应该理解本发明也可以同样适用于检测正在被嵌入到时域或空域 (视频) 中的水印。

公开了基于计算可疑信号和水印之间的交叉相关性水印检测方法。为了对负面影响相关的加长的优势信号部分更健壮，要同水印相关的信号样本序列 (61) 被分为子序列  $(A(k))$ 。由加权函数处理子序列，以获得更改后的子序列  $(B(k))$ ，更改后的子序列分别显示了初始的信号变化，但是共同显示 (62) 了样本值的更平滑的分布。由此大大减少了信号中的主要峰值。

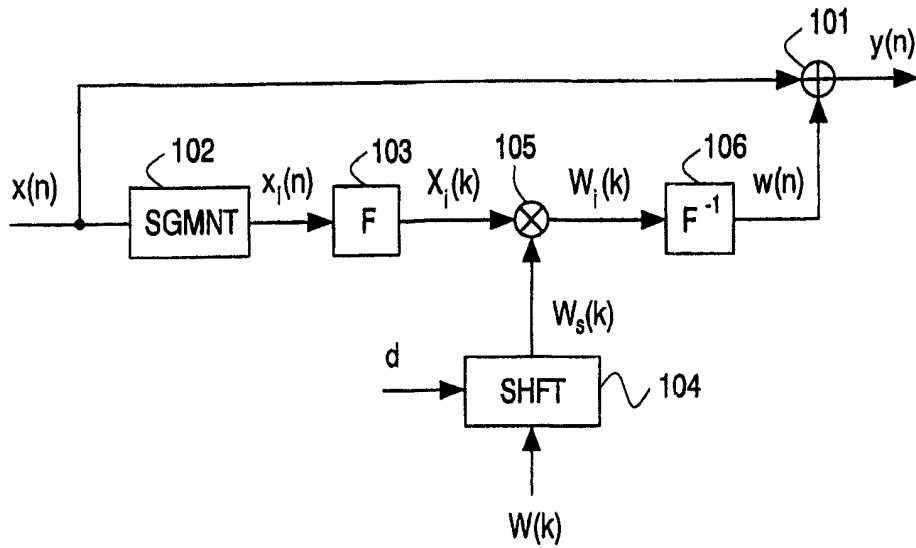


图 1

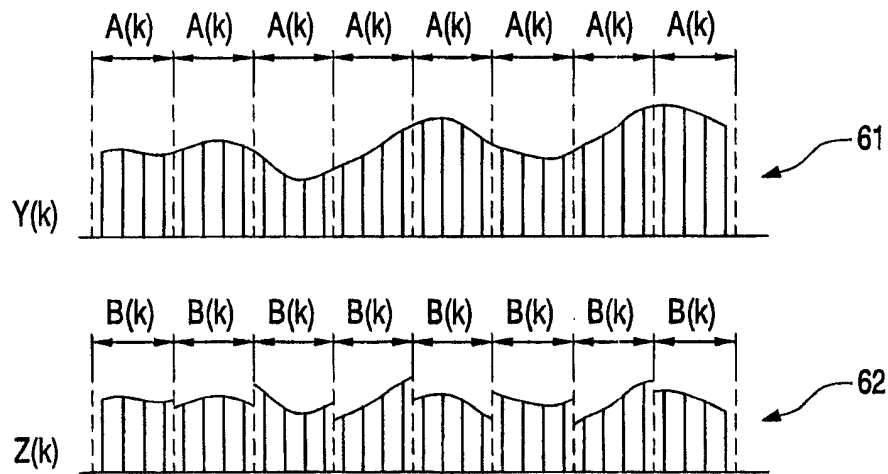


图 6

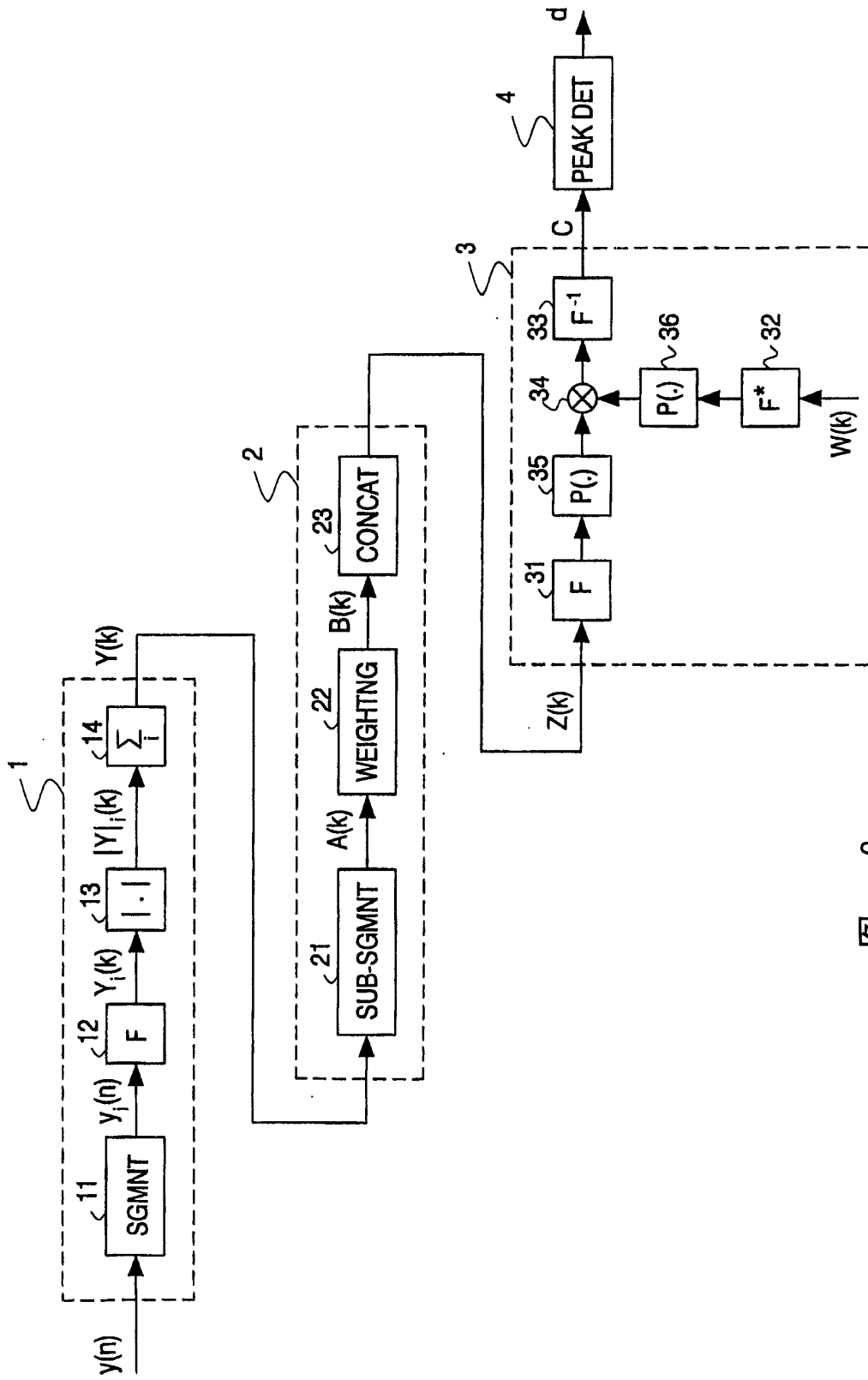


图 2

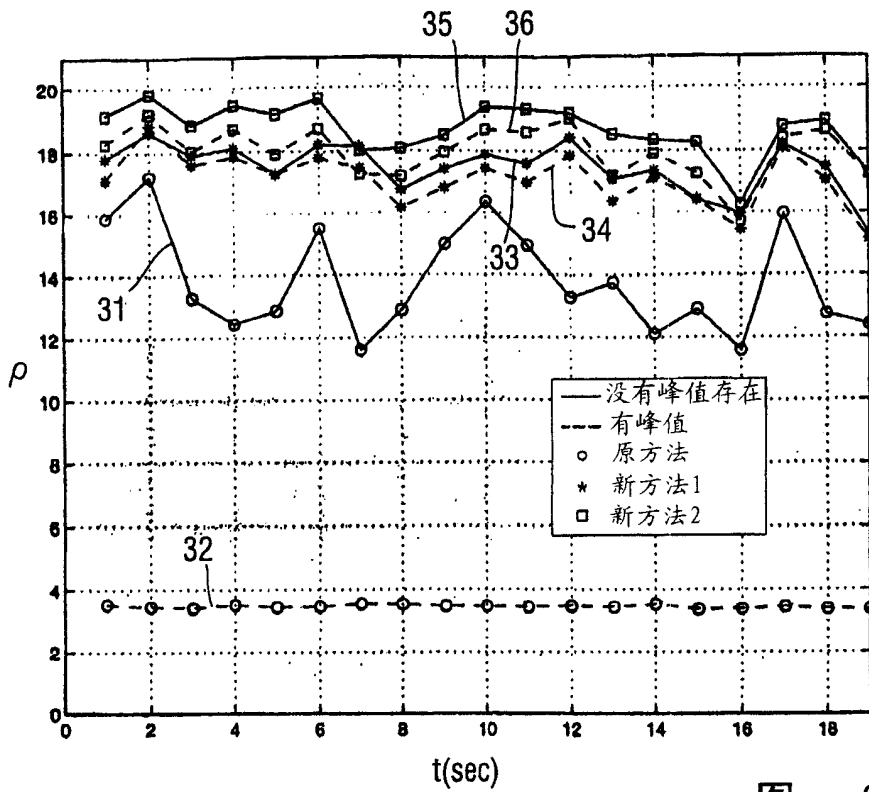


图 3

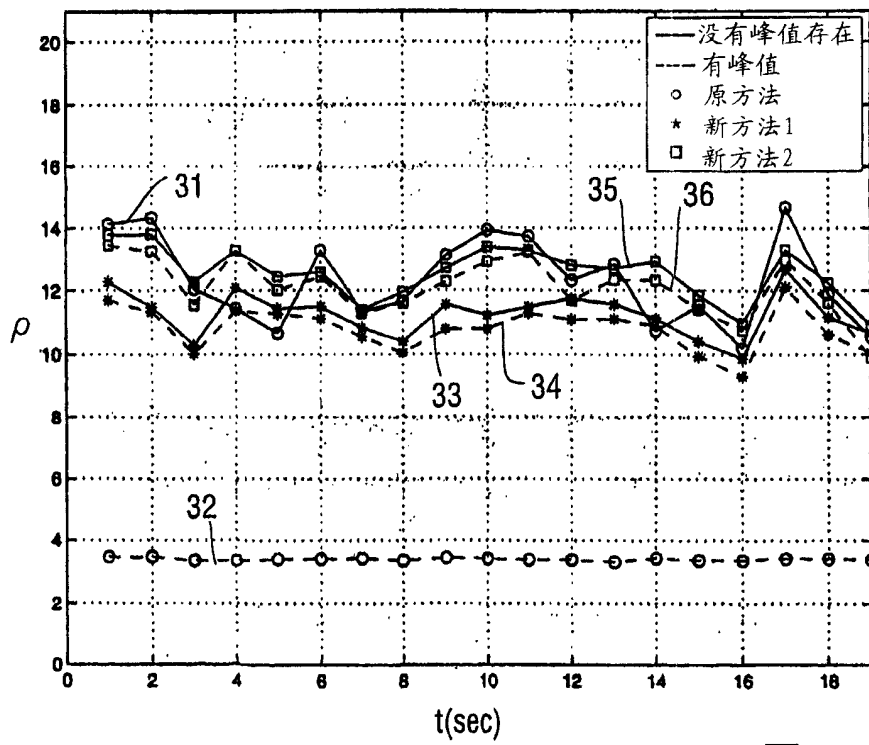


图 7

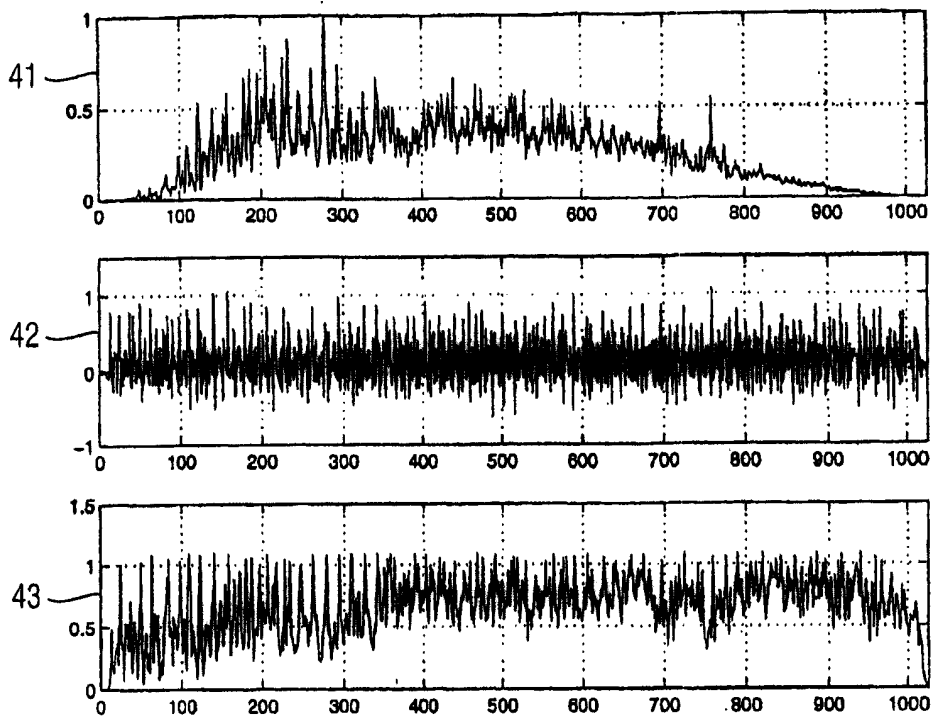


图 4

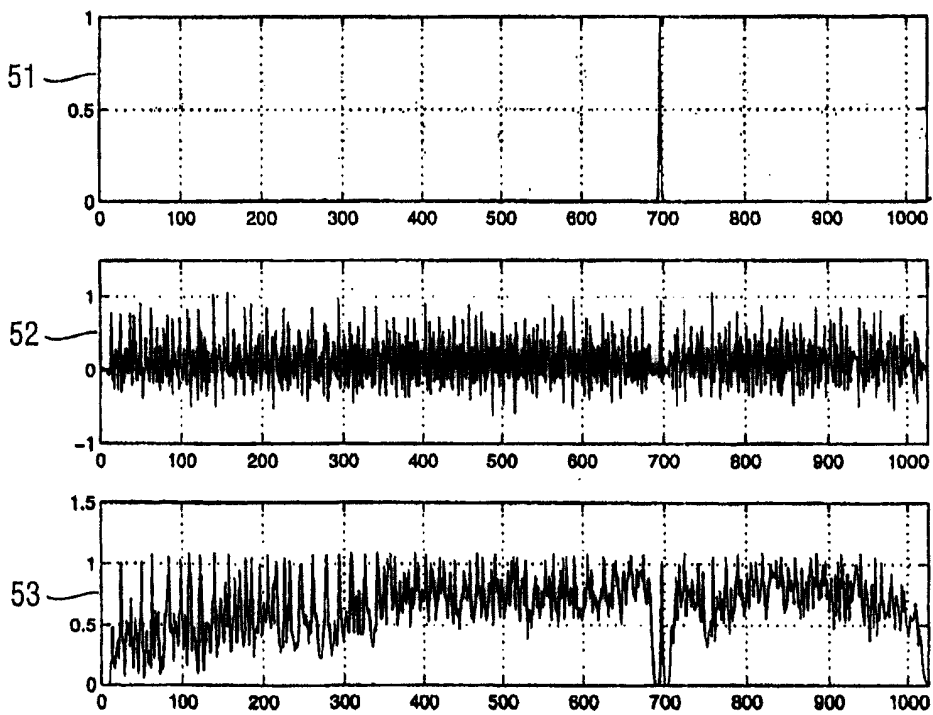


图 5