[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H03H 21/00

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00807308.2

[45] 授权公告日 2005 年 11 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 1227812C

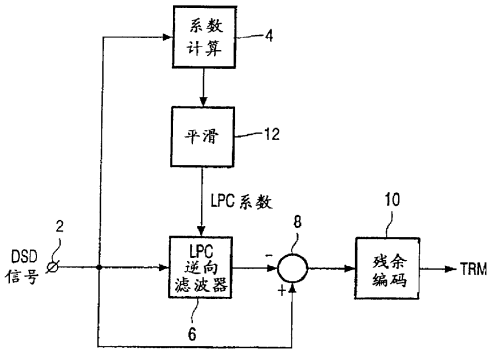
[22] 申请日 2000.12.27 [21] 申请号 00807308.2
[30] 优先权
[32] 2000. 1. 7 [33] EP [31] 00200055.2
[86] 国际申请 PCT/EP2000/013223 2000.12.27
[87] 国际公布 WO2001/052411 英 2001.7.19
[85] 进入国家阶段日期 2001.11.7
[71] 专利权人 皇家菲利浦电子有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬
[72] 发明人 A·J·里恩贝格 R·陶里
A·A·M·J·布吕凯斯
审查员 史永良
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 邹光新 傅 康

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 8 页

[54] 发明名称 为编码器中的预测滤波器生成系数

[57] 摘要

本发明有关一个发射机，用于通过一个传输介质发射一个传输信号。 该发射机根据一个预测滤波器系数组，由数字信息信号导出一个预测信号。通过对一个第一系数组平滑，得到该预测滤波器系数组。 所述第一系数组是根据数字信息信号生成的。 将该数字信息信号与该预测信号组合，得到一个残余信号。 对所述残余信号编码，获得一个编码信号，通过该传输介质发射该编码信号。



ISSN1008-4274

1. 一种发射装置，用于借助一个传输介质发射数字信息信号，该发射机包括:

- 输入设备: 接收数字信息信号，

- 自适应预测滤波器，根据一个预测滤波器系数，由该数字信息信号导出一个预测信号，

-信号组合装置，将该数字信息信号与所述预测信号组合，得到一个残余信号，

- 编码装置，对所述残余信号编码，获得一个编码信号，

- 系数发生器，根据该数字信息信号生成预测滤波器系数，

- 输出装置，向一个输出终端提供编码信号，以便通过一个传输介质传输，其特点在于，该装置还包括:

- 平滑装置，对预测滤波器系数进行平滑处理，得出平滑的预测滤波器系数，送给自适应预测滤波器。

2. 如权利要求 1 的发射装置，其特点在于，该平滑装置包含低通滤波器，用于对预测滤波器系数进行低通滤波以得到系数信号。

3. 如权利要求 2 的发射装置，其特点在于，低通滤波器的形式为一个 FIR 滤波器。

4. 如权利要求 2 的发射装置，其特点在于，低通滤波器的形式为一个 IIR 滤波器。

5. 如权利要求 2 的发射装置，其特点在于，滤波器执行以下公式以获得系数:

Cout[0]= Cin[0],

Cout[i]=0.25* Cin[i+1]+ 0.5* Cin[i]+ 0.25* Cout[i-1]，这里，i 为整数且 $1 \leq i \leq n-2$;

Cout[n-1]= Cin[n-1],

Cin[x]是平滑前的第 x 个系数; Cout[x]是平滑后的第 x 个系数。

6. 如以上任一个权利要求的发射装置，其形式都是将编码信号写在一个记录载体上的装置。

7. 一种方法，用于借助一个传输介质发射数字信息信号，该方法包括:

- 接收数字信息信号，

- 根据一个预测滤波器系数，由该数字信息信号导出一个预测信号，

- 将该数字信息信号与所述预测信号组合，得到一个残余信号，

- 对所述残余信号编码，获得一个编码信号，

- 根据该数字信息信号生成预测滤波器系数，

- 向一个输出终端提供编码信号，以便通过一个传输介质传输，其特点在于，该方法还包括下一步骤：

- 对预测滤波器系数进行平滑处理，得出将要用在导出步骤的预测滤波器系数。

8. 一个接收机，用于接收一个传输信号并由它生成一个数字信息信号，该接收机包括：

- 接收装置，用于接收一个传输信号并由它恢复一个编码信号，

- 译码器，对该编码信号译码，得到一个残余信号，

- 自适应预测滤波器，根据预测滤波器系数，由该数字信息信号导出一个预测信号，

- 信号组合装置，将残余信号与所述预测信号组合，得到数字信息信号，

- 系数发生器，根据该数字信息信号生成预测滤波器系数，其特点在于，该接收设备还包括：

- 平滑装置，对预测滤波器系数组进行平滑处理，得出平滑的预测滤波器系数，送给自适应预测滤波器。

为编码器中的预测滤波器生成系数

技术领域

本发明涉及一种通过一个传输介质发射一个数字信息信号的发射机和一个接收机，用于接收一个传输信号并由此生成数字信息，并涉及一种传输方法。

背景技术

开篇中所定义类型的接收装置和发射装置见于 J.Audio Eng.Soc.，Vol.44，No.9，pp.706－719，September 1996。已知的发射装置试图有效地减小数字信息信号传输的比特率。在对数字信息信号编码之前，从该数字信息信号中减去该数字信息信号的预测版本。所得到的残余信号连续地在编码器中编码，并经传输介质发射。线性预测滤波器的性能对编码器的编码增益至关重要。线性预测滤波器的性能是由预测滤波器系数决定的。找出预测系数（a－parameters）的一般方法是自相关方法。不过，已经发现，自相关方法所确定的 a－parameters 并非总是能得到最佳编码增益。

发明内容

本发明的一个目的是提供一个发射装置和接收装置，他们使用一个更有效的方法来发射和接收数字信息。

按本发明的发射装置的特点在于，该装置包括输入设备：接收数字信息信号，自适应预测滤波器，根据一个预测滤波器系数，由该数字信息信号导出一个预测信号，信号组合装置，将该数字信息信号与所述预测信号组合，得到一个残余信号，编码装置，对所述残余信号编码，获得一个编码信号，系数发生器，根据该数字信息信号生成预测滤波器系数，输出装置，向一个输出终端提供编码信号，以便通过一个传输介质传输，其特点在于，该装置还包含平滑装置，用于对预测滤波器系数进行平滑处理，得出平滑的预测滤波器系数，送给自适应预测滤波器。

按本发明的接收机的特点在于，该接收机用于接收一个传输信号并由它生成一个数字信息信号，该接收机包括：接收装置，用于接收一个传输信号并由它恢复一个编码信号，译码器，对该编码信号译码，

得到一个残余信号，自适应预测滤波器，根据预测滤波器系数，由该数字信息信号导出一个预测信号，信号组合装置，将残余信号与所述预测信号组合，得到数字信息信号，系数发生器，根据该数字信息信号生成预测滤波器系数，其特点在于，该接收设备还包括：平滑装置，对预测滤波器系数组进行平滑处理，得出平滑的预测滤波器系数，送给自适应预测滤波器。

与上述装置对应，按照本发明的一种用于借助一个传输介质发射数字信息信号的方法，，该方法包括：接收数字信息信号，根据一个预测滤波器系数，由该数字信息信号导出一个预测信号，将该数字信息信号与所述预测信号组合，得到一个残余信号，对所述残余信号编码，获得一个编码信号，根据该数字信息信号生成预测滤波器系数，向一个输出终端提供编码信号，以便通过一个传输介质传输，其特点在于，该方法还包括下一步骤：对预测滤波器系数进行平滑处理，得出将要用在导出步骤的预测滤波器系数。

本发明基于以下认识。只要传输带宽和存储容量是有限的，就需要增加数字信号的比特缩减。已经发现，通过例如自适应方法获得的预测滤波器系数（a－parameter）往往不能得出最佳编码增益。在对 a－parameter 值扩大搜索时发现，通过对 a－parameter 值稍加改动，可以得到更好的编码增益。可以得到 4%的编码增益改善。不过，发射装置中这种扩大搜索所需的复杂度是巨大的，所以这一方法并不实用。

在对 a－parameter 扩大搜索前后的差异进行研究后发现，a－parameter 大体是相同的（见图 8）。对头几个 a－parameter 放大，可以发现，通过自相关方法获得的 a－parameter 呈现出波纹特性，而经扩大搜索后的 a－parameter 较平滑（见图 9）。

利用一个平滑函数对通过自相关方法获得的 a－parameter 进行后处理，而不是对它执行一个扩大搜索以获得预测滤波系数。利用平滑功能获得的编码增益的改善可以与经扩大搜索得到的编码增益相比。图 10 示出了一个 5 分钟 DSD（直接数据流）片断的结果，这里，结果甚至改善了 4.5%。图 11 示出，两种方法所达到的性能是可以相比的（扩大搜索将为这一片段获得额外 0.4%的改善）。与实现扩大搜索方法时所增加的复杂性相比，实现平滑方法所增加的复杂性可以忽略。

附图说明

参照附图，结合以下所描述的实例，可以清楚本发明的这些和其它方面。

图 1 示出了一个 SACD 编码器的实例；

图 2 示出了连续帧的编码增益；

图 3 示出了连续帧的编码增益及对应的 max |ai| 值；

图 4 示出了编码增益对 max |ai|的函数；

图 4a 更详细的示出了图 4 中编码增益对 max |ai|的函数；

图 5 和图 5a 示出了编码增益和冲激响应对预测阶次的函数；

图 6 和图 6a 示出了在应用了本发明方法的头两个步骤之后，编码增益和冲激响应对预测阶次的函数；

图 7 示出了在应用了本发明方法之后，图 2 中的连续帧的编码增益；

图 7a 示出了在应用了本发明方法之后，连续帧的 max |ai| 值；

图 7b 示出了在应用了本发明方法之后，编码增益对 max |ai|的函数；

图 8 示出了在扩大搜索之前及之后的预测滤波器系数组；

图 9 更具体地示出了在扩大搜索之前及之后的预测滤波器系数组；

图 10 示出了利用第一个系数组获得的编码增益与利用第一个系数组的平滑形式获得的编码增益；

图 11 示出了利用扩大搜索所得的系数组获得的编码增益与利用第一系数组的平滑形式获得的编码增益；

图 12 示出了一个按本发明的发射机的实例；

图 13 示出了一个按本发明的接收机的实例；

图 14 示出了一个平滑算法的实例的流程图。

具体实施方式

对于“Super Audio CD－超音频 CD”（SACD），音频信号是利用组帧，线性预测和平均信息量编码来进行无损编码的。编码增益很大程度上取决于预测质量。因此，拥有一个能最佳地确定预测系数的算法是很重要的。图 1 示出了一个 SACD 编码器中使用的一个简化方案的方块图。在输入终端 2 接收 DSD 信号，该信号是一个音频信号的二进制表示。该 DSD 信号被送给一个系数发生器 4 和一个自适应预测滤波器 6。系数发生器 4 为自适应滤波器导出系数，从而使预测滤波器生成接收

DSD 信号的好的预测值。一种常用的寻找预测系数的方法是自相关方法。自适应预测滤波器 6 由所接收的 DSD 信号生成一个预测 DSD 信号。预测滤波器的滤波特性取决于所提供的系数。信号组合单元 8 从接收 DSD 信号中减去预测 DSD 信号，得到一个残余信号。该残余信号被送给一个编码单元 10，得到一个编码信号。该编码信号是一个比特流信号，它被送给一个传输介质。根据接收机的实现，自适应滤波器的系数必须被发射。传输介质可以是一个记录媒体，例如一个光记录媒体。编码单元最好包含一个无损编码器。在 F.Bruekers et al ，“Improved lossless coding of 1-bit audio signals”, presented at 103rd Convention of the AES, Sept., 26-29, 1997, preprint 4563 (I-6) 中描述了这样一个无损编码器。不过，也可以使用其它编码器，例如算术编码器，huffmann 编码器。DSD 信号最好被划分为帧。每个帧都被送给编码器，得到一个编码信号和系数，它们被递交给传输介质。

所介绍的是一个低复杂度的方法，用于生成能得到改善的编码增益的预测系数。

问题是，希望能有高编码增益的帧常常有非常低的增益。帧上的这样一个低的编码增益减小了平均编码增益，从而对存储容量造成不利影响。图 2 示出了连续帧的编码增益，举例说明了这一问题。在一个选段中，当编码增益相当高时（平均为 2.7），可以很清楚的看到，存在非常低编码增益（接近 1.0）的帧。

交互式地，选择一个较低预测阶次能够防止这一问题。不过，一个重要的问题是，只有在进行了完整的编码处理之后，才能获得编码增益，并且，利用较低阶对帧进行交互式/迭代再编码的复杂性很高。

这里描述了一个检测机制，它能够在对整个帧编码之前，报告出在能有较高增益的地方，会导致低编码增益的 LPC 系数。该检测是基于直接形式预测滤波器系数的动态范围，常称为 a-parameters。参照图 3，这里，上面的轨迹与图 2 相同，下面的轨迹示出了 a-parameters 的最大绝对值。从该图可见，低编码增益的出现与高 max |ai|值的出现是相关的。根据该检测，进行一个 3 级处理以解决该问题。所得到的结果是能够得到较高性能的编码处理的预测系数。

图 4 示出了与图 3 稍稍不同的版本。这里，a-parameters 的最大

绝对值 max |ai|在水平轴上表示，垂直轴上表示相对应的编码增益。结合 Schur 算法，利用自相关算法确定 a－parameters。在数值 10 处画出了一条线，注意，在 a－parameters 的最大绝对值高于 80 时，不出现具有高编码增益的帧。

参照图 5，放大“问题帧”之一，即具有低编码增益的一个帧，以研究预测增益对预测阶次的函数。图 5 和 5a 突出了两个问题。图 5 示出了编码增益与预测阶次的函数。图 5a 示出了不同预测阶次的冲击响应。由图 5 可得出这样的结论，即，高的编码增益是可能的，例如在预测阶次为 80 时，增益最大。图 5a 突出了第二个问题，冲击响应只在比例上改变而不在形状上改变。在频域解释这一问题是很有意思的，预测增益与频谱[Flanagan paper]中的不均匀度成正比。这样，在较低阶已经得到了所有的扁率，当阶次增加时，只有比例改变而频谱颜色（或反滤波域中的扁率）不变。这就指向一些较差条件。可以通过检查预测滤波器的冲击响应来采取了一些步骤以避免这一问题，即，不必经过整个的编码过程。

低编码增益与自相关方法返回的 a－parameters 的最大绝对值之间存在一些关系。对于有好的编码增益的帧来说，a－parameters 的最大绝对值总是小于 10，而有问题的帧的 a－parameters 的最大绝对值为 100 或者甚至 600。

本发明方法的第一步是检测问题帧，即其编码增益很低，而它是可能有高的增益的帧。因此，第一步包括根据自相关方法计算 a－parameters。接着，根据 a－parameters，A={a1，a2，…，a128}，计算一个代表 ai 的最大绝对值的值 T，即，T=max|A|。若一个帧的 T 值大于一个预定值，例如 10.0，则该帧被宣布为问题帧。

第二步，如果在 LPC 分析之前，向输入加入了非常低电平的随机噪声信号，则消除一些问题帧。相等地，第一个自相关系数 R[0]的值可以增加一个非常小的量。若超过了第一步中的阈值，则自相关函数的系数 R[0]按 $R'[0]=R[0]*(1.0+4.10^{-6})$ 的方式修改，并按照 R[0]的新值重新计算 a－parameters。

尽管这样一个小修改在多数情况下能解决问题，但仍存在一些帧，在这些帧中，问题仍然存在，甚至更为严重（指的是编码增益）。

第三步，现在获得的 a－parameters 的最大绝对值又是一个能检

测是否会出现问题的很好的检测机制。对于那些增加一个小的噪声无法解决问题的帧来说，必须采用其它测量，即采用 LPC 预测的一个降低的阶次。不过，要选择一个最佳预测阶次是很困难的。一个看起来能获得较好结果的阈值是：新阶次=min((当前阶次*8/9),80)，这里，当前阶次指的是进行分析时的预测阶次。

实践中发现，经过这三步的组合(借助 max(abs(a-parameters))检测，加入噪声，阶次降低)，问题帧的编码增益明显改善。更重要的，这一机制不会反过来影响好的帧。

结论：

图 6 示出了经过以上所述的头两个步骤，所获得的改善。它与图 5 形成对照，在图 5 中，超过 80 阶的预测以后，编码增益急剧下降。现在，a-parameters 在幅值动态方面也呈现出合理的特性。如以上所表明的，即使在应用了两个步骤之后，有些问题帧仍然存在，使用第三步也能消除它们]。

最后，图 7，7a，7b 清楚地显示出，坏帧被彻底消除了。

以上完整地描述了消除坏帧的 3 步方案。这是通过以这样一种方式调整信号来达到的，即，使所得到的预测系数能获得改进的编码增益。

尽管只描述了 Schur 递归，但实践证明，在使用 Cholesky 分解时存在同样的问题。在这种情况下，所描述的方法也有助于完全消除不好的 a-parameters。

对 a-parameters 和预测滤波器系数的“平滑”可以得出与扩大搜索大致相同的结果，而其复杂性可以忽略。

一个平滑算法使用 a-parameters 计算一组新的 a-parameters。通过例如 FIR 或 IIR 滤波可以完成可能的实现。经过一些试验，选定了多种 IIR 方法：

```
/*Apar[0]..Apar[p0-1]包含预测阶次为 p0 的滤波器的 a-parameters*/
 for(i=1; i<p0-1; i++)  {Apar[i]=Apar[i-1]+2* Apar[i]+Apar[i+1]}
```

由该算法可见，由于所用的值在下一计算中被重新使用，所以该算法是递归的。该算法比非递归算法效果好。

在对 a－parameters 使用该平滑算法时，能获得平均 3%的编码增益改进。图 10 示出了对 5 分钟 DSD 片断应用平滑算法的结果，结果改进了 4.5%。该算法的复杂性是可以忽略的。由图 10 可见，平滑处理不会降低任何帧的编码增益。对一些其它 DSD 片断，可以得到类似的结果，只是对于极少数高增益帧（η）3）来说，增益有轻微的降低。

对扩大搜索所得到的编码增益和对自相关方法得到的 a－parameters 进行平滑处理所得到的编码增益进行了一下比较。图 11 表示出，这两种方法的性能可以相比（扩大搜索所得到的性能改善多出 0.4%)。为降低设备复杂度，推荐使用对 a－parameters 进行平滑处理的方法。

图 14 示出了平滑算法另一个实例的方块图。该平滑算法为具有 n 个系数的预测滤波器生成 n 个系数。Cin[0: n－1]是平滑之前的 n 个滤波器系数。Cout[0: n－1]是平滑之后的 n 个滤波器系数。以下算法得到平滑之后的系数:

Cout[0]= Cin[0],

Cout[n－1]= Cin[n－1],

Cout[i]=0.25* Cin[i+1]+ 0.5* Cin[i]+ 0.25* Cout[i－1],

这里，i 为整数且 $1 \leqslant i \leqslant n-2$。

图 14 示出了代表最后一个表达式的方块图。方块代表一个系数的延迟。三角代表输入信号与相应的因子相乘。椭圆代表所有输入信号相加。

图 12 示出了按本发明的一个编码器的实例。图 12 的编码器示出了与图 1 的编码器的相似点。具有同一参考符号的单元执行同一功能。图 12 的编码器与图 1 的编码器的不同点在于，在将线性预测系数送入预测滤波器 6 之前，先将其送入一个平滑单元 12。以上已描述了平滑单元所执行的平滑功能的一个实例。平滑单元最好对系数执行一个低通滤波。可利用有限冲击响应滤波器（FIR)，无限冲击响应滤波器（IIR),或 FIR 与 IIR 的组合来实现这类滤波器。图 14 示出了一个 FIR 和 IIR 滤波器的组合。

图 13 示出了按本发明的一个接收机的实例。在一个输入终端 18 接收一个包含一个编码信号的传输信号。所接收的信号被送给一个译码器 20。译码器 20 对编码信号译码以获得一个残余信号。译码器最好

包含一个无损译码器。这样一个无损译码器见于 F.Bruekers et al，“Improved lossless coding of 1-bit audio signals”，presented at 103rd Convention of the AES，Sept.，26-29，1997，preprint 4563（I-6）。不过，也可以使用其它编码器，例如算术编码器，huffmann 编码器。残余信号被送给一个信号组合单元 22。信号组合单元将一个预测数字信息信号与残余信号相加以获得数字信息信号。该数字信息信号被送给接收机 30 的一个输出端。该数字信息信号还被送给一个系数发生器 26 和一个自适应预测滤波器 24。系数发生器由该数字信息信号为自适应预测滤波器导出滤波器系数。寻找预测系数的一种常用方法是自适应方法。不过，也可使用其它方法。预测滤波器系数被送入一个平滑单元 28，平滑单元对预测滤波器系数执行一个平滑功能以获得平滑预测滤波器系数。平滑单元最好执行一个低通滤波。平滑预测滤波器系数被送给自适应预测滤波器 24。自适应预测滤波器生成预测数字信息信号。应指出，为了数字信息信号的无损传输，发射机和接收机中的自适应预测滤波器，系数发生器和平滑单元执行完全一样的功能。还应指出，如果传输信号包含一个编码信号和自适应预测滤波器系数，则系数发生器 26 和平滑单元 28 是可选的。在这种情况下，接收机不需要从数字信息信号中导出自适应预测滤波器系数。

与必须执行完整个编码过程才能知道编码增益的方法相比，以上所述方法具有较低的复杂性。

尽管以上是参照推荐实例来介绍本发明的，但应该理解，这些实例并非限定性的。本技术专业人士可以在不脱离权利要求所定义的本发明范围的情况下，进行各种修改。

动词“包含”及其变化形式并不排除出现不同于权利要求中所陈述的元件和步骤的可能性。进一步，一个元件前的“一个”并不排除出现多个这类元件的可能性。在权利要求中，括号中的任何参考符号都不限定本发明的范围。本发明可通过硬件实现，也可通过软件实现。几处“装置”可由同类硬件表示。进一步，本发明在于其每一个及所有新颖的特点及这些特点的组合之中。

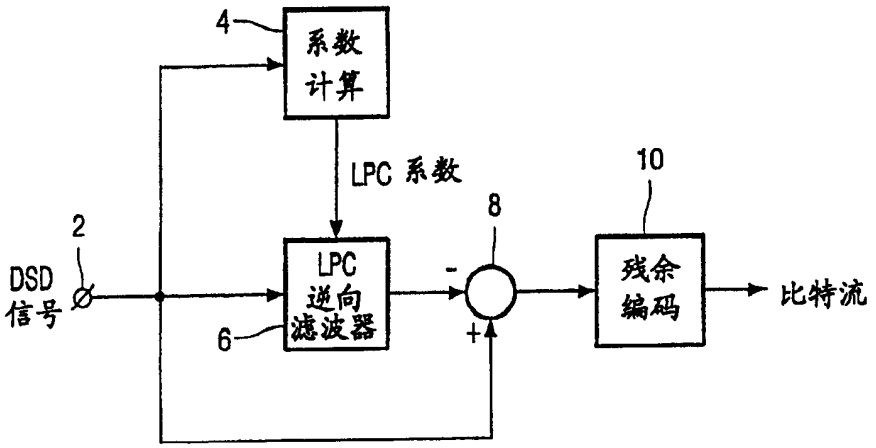

4
系数
计算
LPC 系数
10
2
8
DSD
信号
LPC
逆向
滤波器
6
-
+
残余
编码
比特流

图 1

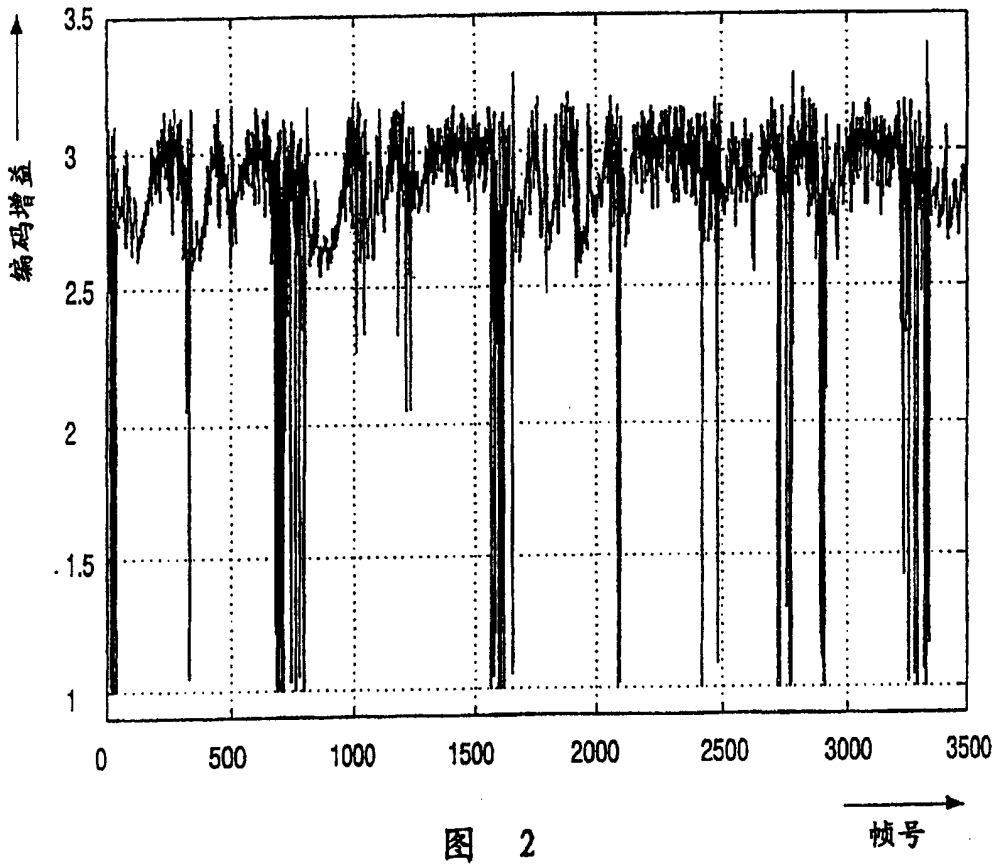

编码增益
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
帧号

图 2

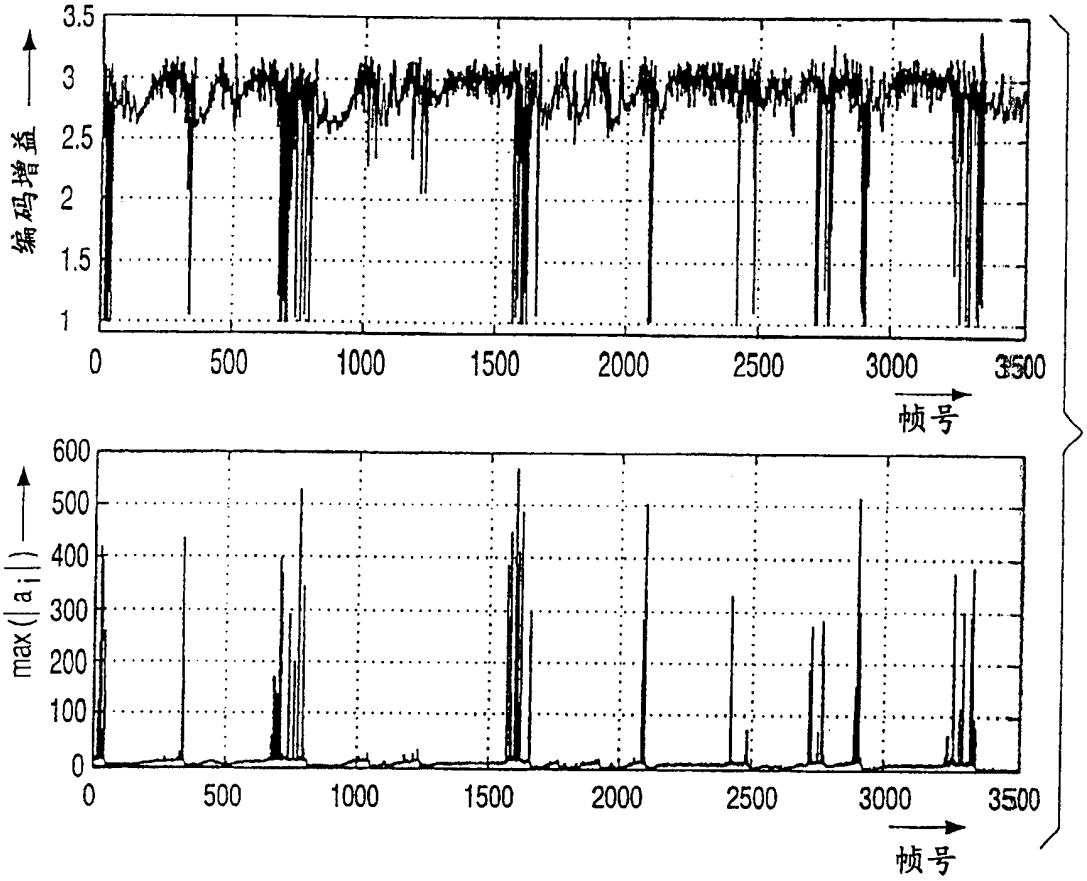

编码增益
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
帧号
max(|a_i|)
600
500
400
300
200
100
0
帧号

图 3

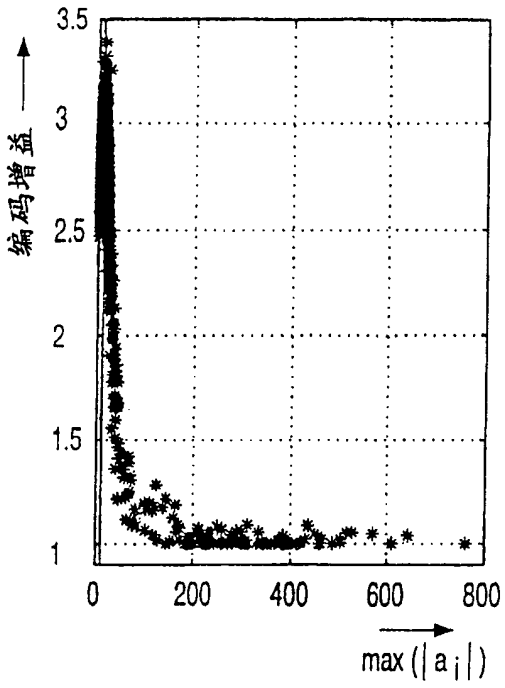

编码增益
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0
200
400
600
800
max(|a_i|)

图 4

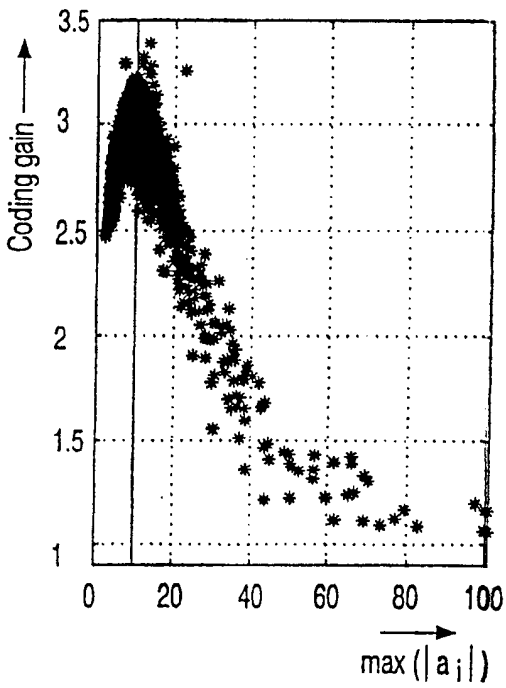

Coding gain
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0
20
40
60
80
100
max(|a_i|)

图 4a

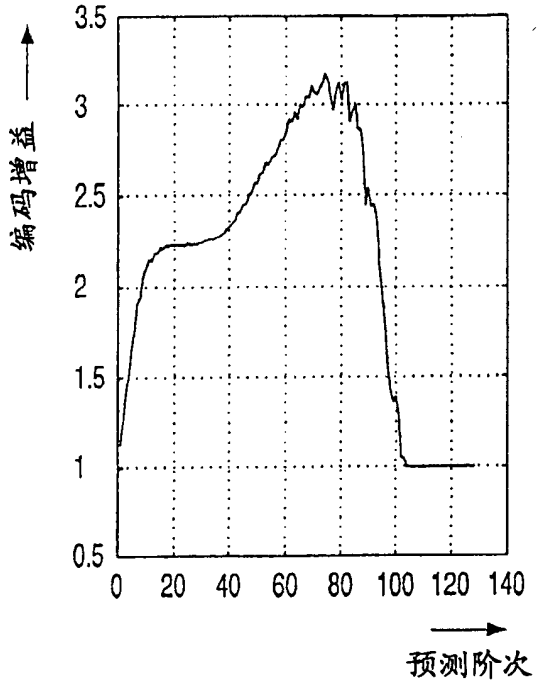

编码增益
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0 20 40 60 80 100 120 140
预测阶次

图 5

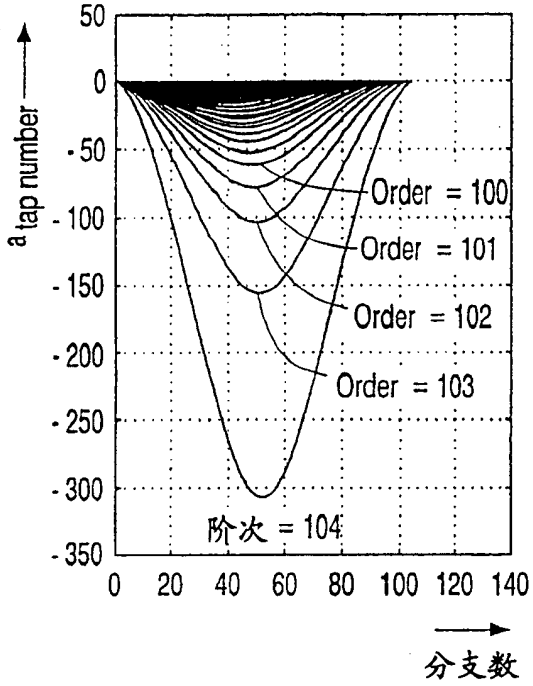

a tap number
50
0
-50
-100
-150
-200
-250
-300
-350
Order = 100
Order = 101
Order = 102
Order = 103
阶次 = 104
0 20 40 60 80 100 120 140
分支数

图 5a

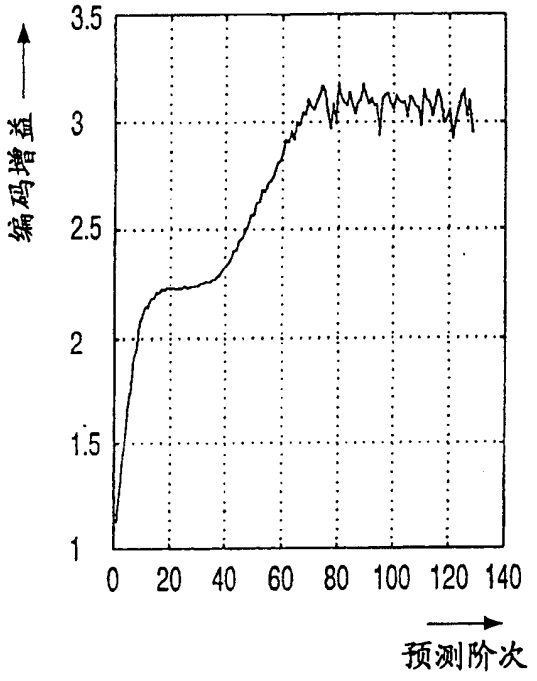

编码增益
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0 20 40 60 80 100 120 140
预测阶次

图 6

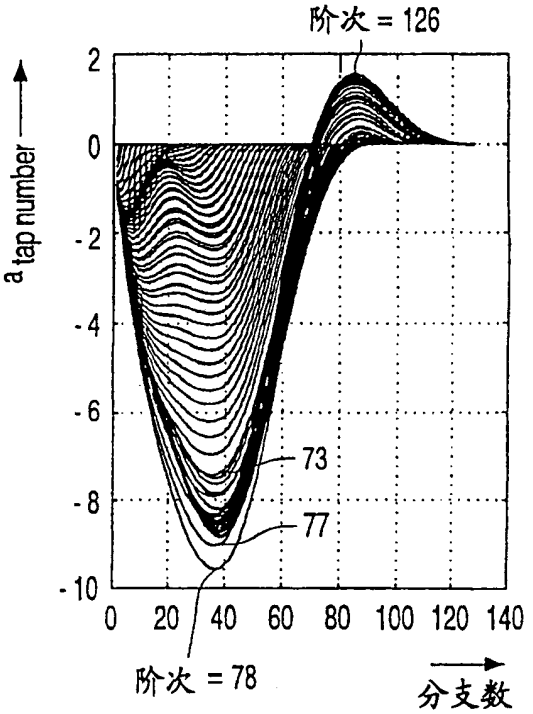

阶次 = 126
a tap number
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
73
77
阶次 = 78
0 20 40 60 80 100 120 140
分支数

图 6a

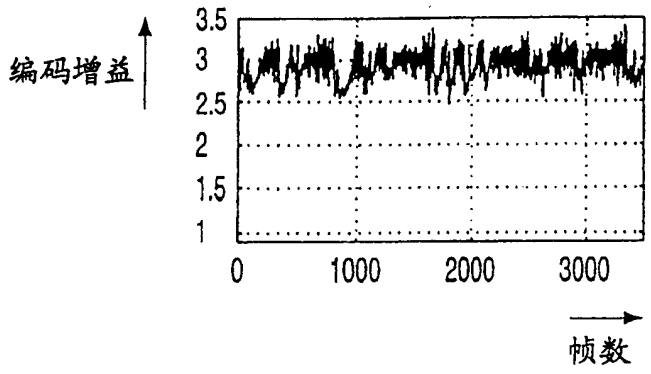

编码增益
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0
1000
2000
3000
帧数

图 7

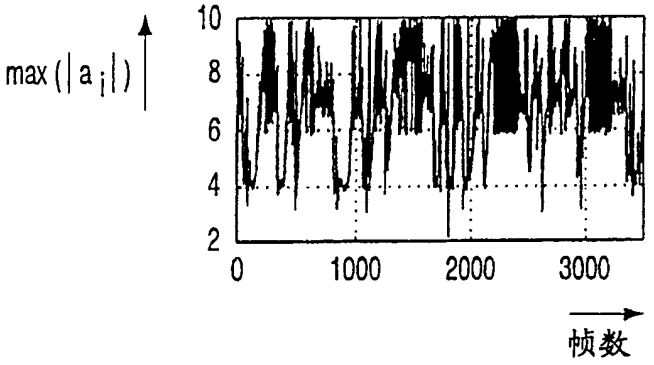

max(|a_i|)
10
8
6
4
2
0
1000
2000
3000
帧数

图 7a

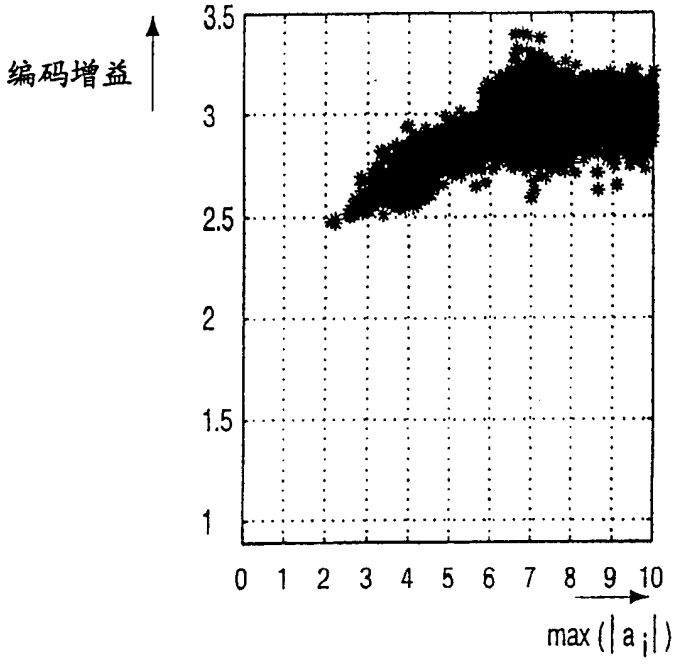

编码增益
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
max(|a_i|)

图 7b

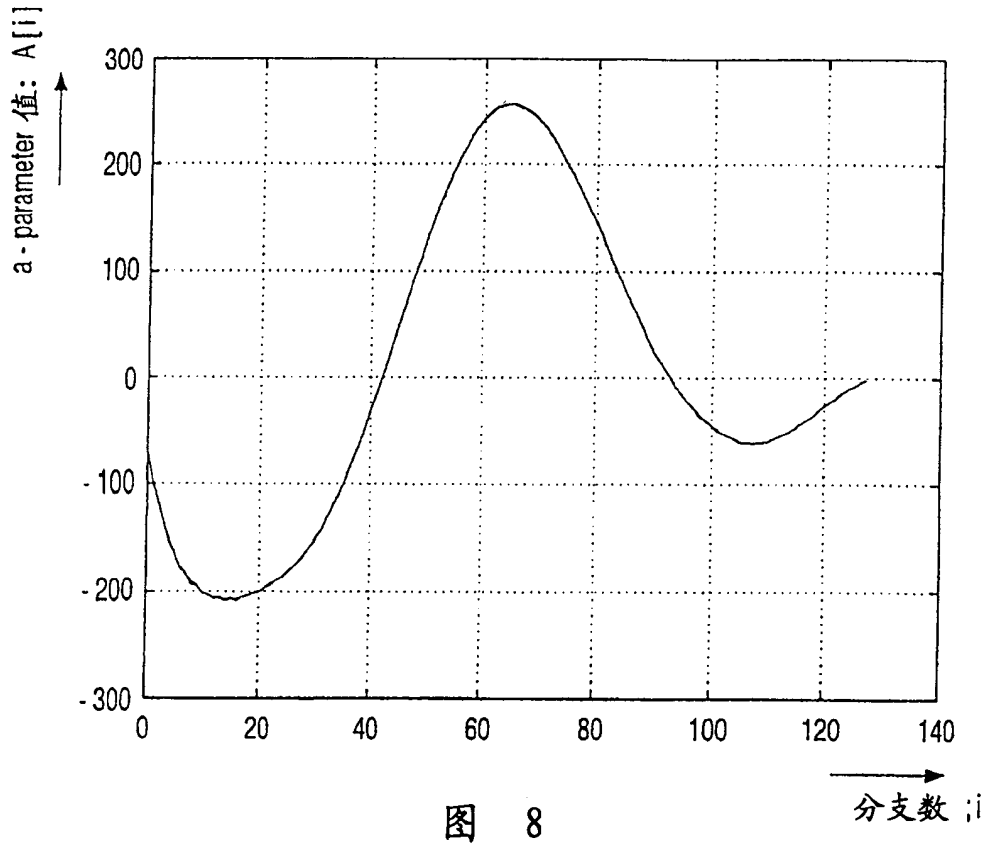

a - parameter 值: A[i]
300
200
100
0
- 100
- 200
- 300
0
20
40
60
80
100
120
140
分支数 ;i

图 8

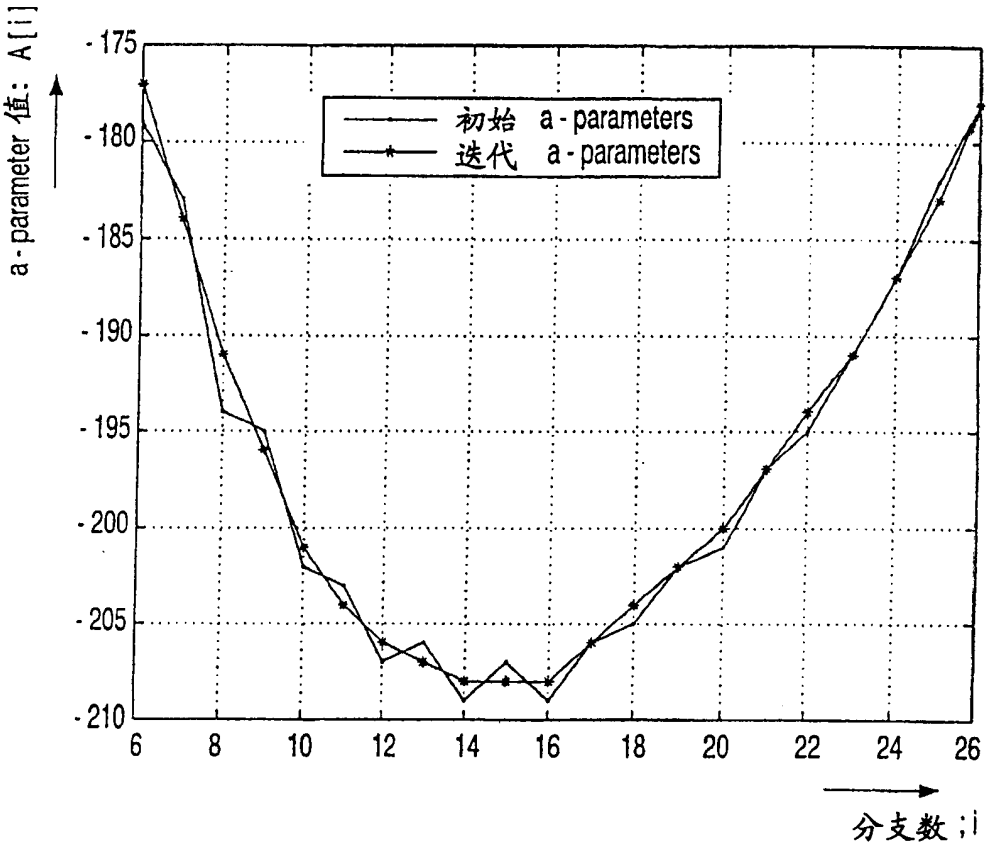

a - parameter 值: A[i]
- 175
- 180
- 185
- 190
- 195
- 200
- 205
- 210
初始 a - parameters
迭代 a - parameters
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
分支数 ;i

图 9

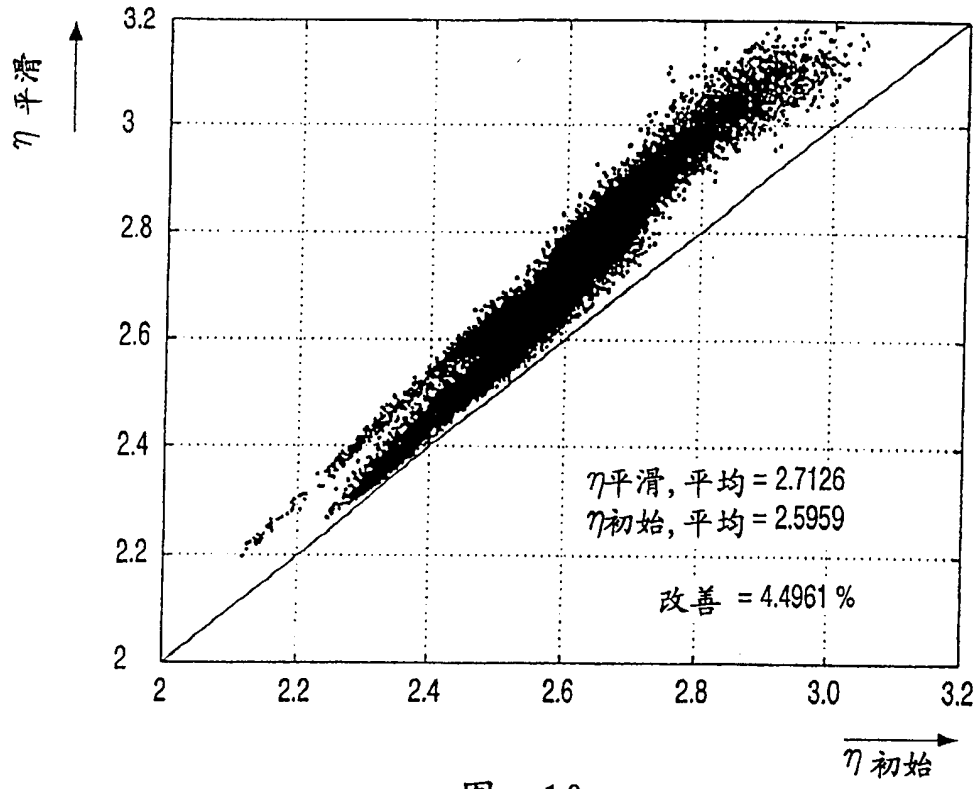

η 平滑
3.2
3
2.8
2.6
2.4
2.2
2
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
η初始
η平滑, 平均 = 2.7126
η初始, 平均 = 2.5959
改善 = 4.4961 %

图 10

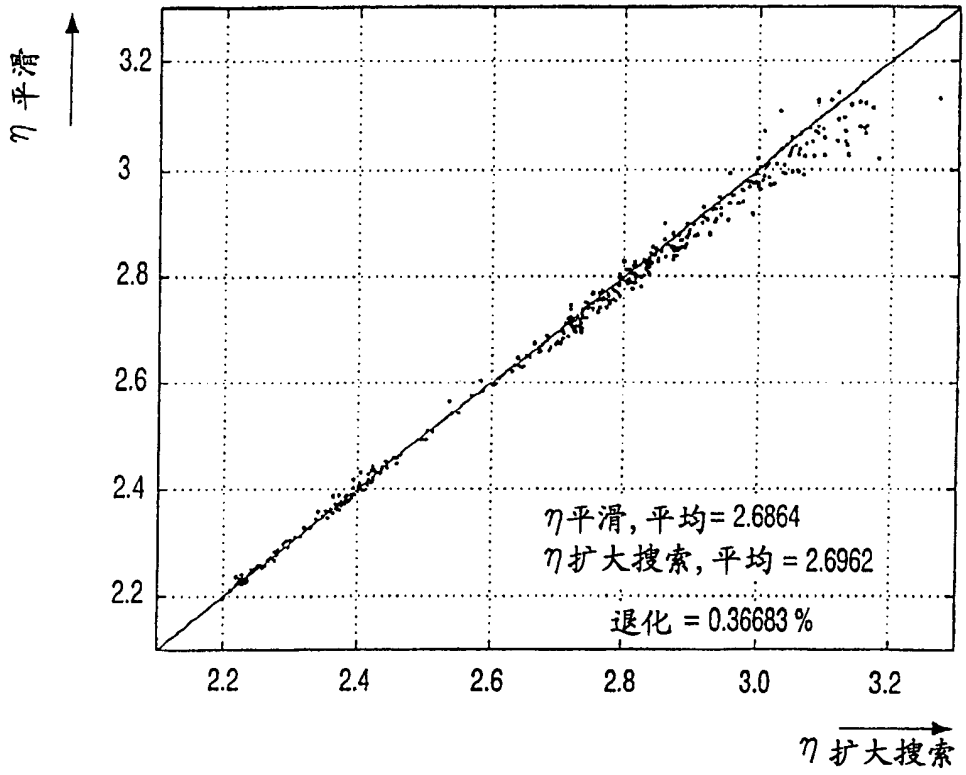

η 平滑
3.2
3
2.8
2.6
2.4
2.2
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
η扩大搜索
η平滑, 平均= 2.6864
η扩大搜索, 平均 = 2.6962
退化 = 0.36683 %

图 11

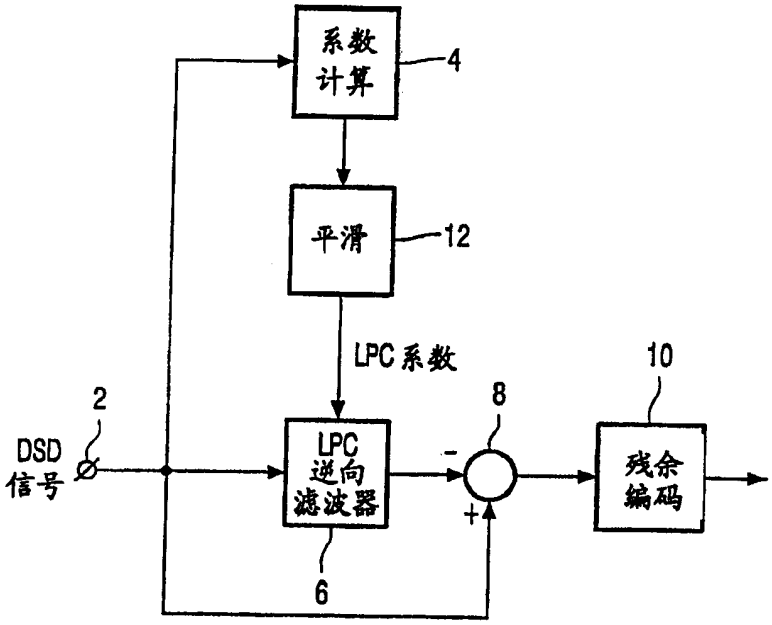

系数
计算
4
平滑
12
LPC 系数
10
2
8
DSD
信号
LPC
逆向
滤波器
-
+
残余
编码
6

图 12

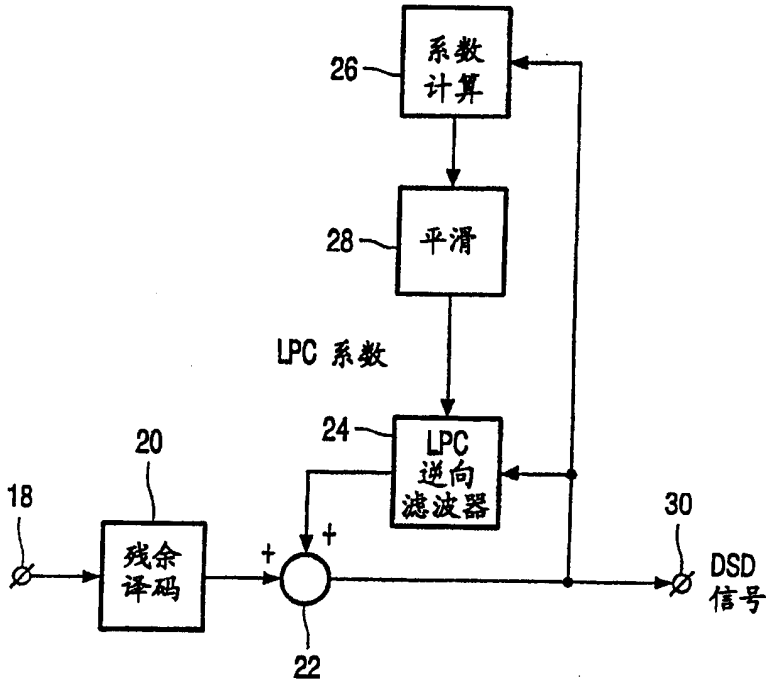

26
系数
计算
28
平滑
LPC 系数
24
LPC
逆向
滤波器
20
18
30
残余
译码
+
+
DSD
信号
22

图 13

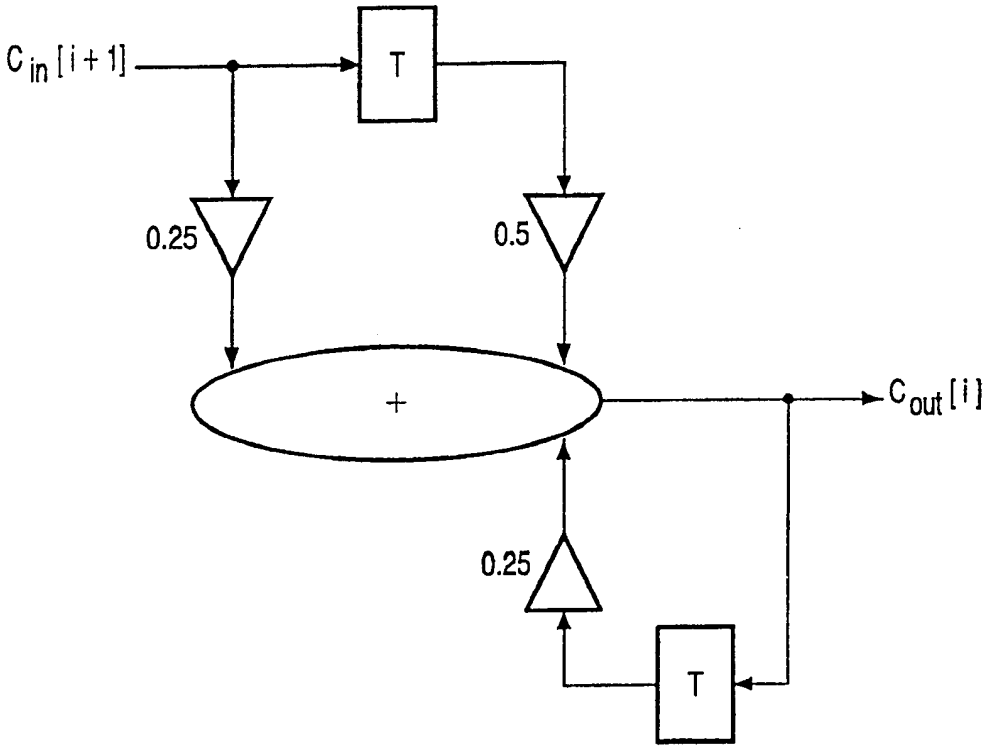


图 14