



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99811002.7

[45] 授权公告日 2003 年 12 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1132157C

[22] 申请日 1999.8.24 [21] 申请号 99811002.7
 [30] 优先权
 [32] 1998.9.16 [33] SE [31] 9803165-1
 [86] 国际申请 PCT/SE99/01433 1999.8.24
 [87] 国际公布 WO00/16315 英 2000.3.23
 [85] 进入国家阶段日期 2001.3.16
 [71] 专利权人 艾利森电话股份有限公司
 地址 瑞典斯德哥尔摩
 [72] 发明人 E·埃库登 R·哈根
 审查员 杨 叁

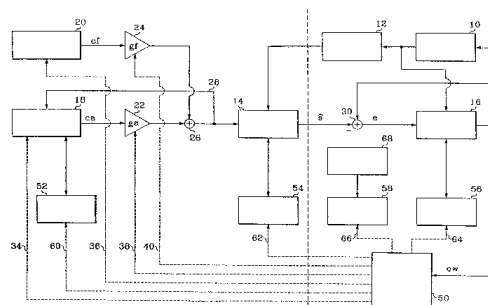
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
 代理人 王 勇 李亚非

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称 线性预测分析合成的编码方法和编码器

[57] 摘要

一个线性预测分析合成编码器包含一个搜索算法块(50)和一个向量量化器(58)，用于对一帧的多个子帧最优增益向量量化。利用(50, 52, 54, 56)对增益进行向量量化来更新内部编码器状态。



1. 一种线性预测分析综合编码方法，其特征在于：
确定多个子帧的最优增益；
对上述最优增益进行集体向量量化；以及
5 用上述集体向量量化后的增益来更新内部编码器状态。
2. 如权利要求1所述的方法，其特征在于：
在用最优增益对一子帧进行编码后，存储一个内部编码器状态；
在对若干子帧的增益进行集体向量量化之后，恢复上述内部编
器状态；
10 用确定的代码簿向量和上述集体向量量化后的增益来更新上述
内部编码器状态。
3. 如权利要求2所述的方法，其特征在于：上述内部编码器状
态包括一自适应代码簿状态、一合成滤波器状态和一加权滤波器状
态。
- 15 4. 如权利要求1、2或3所述的方法，其特征在于：对2个子
帧的增益进行集体向量量化。
5. 如权利要求1、2或3所述的方法，其特征在于：对上述帧
的所有子帧的增益进行集体向量量化。
6. 如权利要求1所述的方法，其特征在于：
20 用加权系数对不同子帧的误差分量进行加权；以及
使加权误差分量的和最小。
7. 如权利要求6所述的方法，其特征在于：每一加权系数都取
决于相应子帧的能量。
8. 一种线性预测分析综合编码器，其特征在于：
25 一个搜索算法块（50），用于确定多个子帧的最优增益；
一个向量量化器（58），用于对上述最优增益进行集体向量量化；
以及
用上述集体向量量化增益来更新内部编码器状态的装置（50、
52、54、56）。
- 30 9. 如权利要求8所述的编码器，其特征在于：
装置（52、54、56），用于在用最优增益对一子帧进行编码后存
储一内部编码器状态；

装置(50)，用于在对若干子帧的增益进行集体向量量化后恢复上述内部编码器状态；以及

装置(50)，用于利用确定的代码簿向量和上述向量量化增益来更新上述内部编码器状态。

5 10. 如权利要求9所述的编码器，其特征在于：上述用于存储内部编码器状态的装置包括一自适应代码簿状态存储装置(52)、一合成滤波器状态存储装置(54)和一加权滤波器状态存储装置(56)。

11. 如权利要求8、9或10所述的编码器，其特征在于：装置对两个子帧的增益进行集体向量量化。

10 12. 如权利要求8、9或10所述的编码器，其特征在于：装置对一语音帧所有子帧的增益进行集体向量量化。

13. 如权利要求8所述的编码器，其特征在于：装置(58)利用加权系数对不同子帧的误差分量进行加权，并使加权误差分量的和最小化。

15 14. 如权利要求13所述的编码器，其特征在于：装置(58)确定加权系数取决于相应子帧的能量。

线性预测分析合成的编码方法和编码器

5

技术领域

本发明涉及一种线性预测分析合成 (LPAS) 的编码方法和编码器。

本发明背景技术

蜂窝式应用中主要的编码器模型为代码受激线性预测 (CELP) 技术。众所周知, 这种波形匹配过程在至少 8kb/s 或更大的位速率情况下能很好运行。然而, 当位速率降低时, 就会由于每个参数可用的位数降低而使编码效率下降, 从而使量化准确性受到影响。

[1]和[2]表明对与若干子帧信息有关的增益参数进行集体向量量化的方法。然而, 这些方法没有考虑编码器和译码器内部状态。结果会使译码器中的译码信号与编码器中的最佳合成信号不同。

本发明概述

本发明的目的是提供基于线性预测分析合成 (LPAS) CELP 的编码方法和编码器, 它在低位速率尤其是低于 8kb/s 的位速率情况下很有效, 并能使它的内部状态和译码器的内部状态同步。

这个目的依据附加权利要求来实现。

简要来说, 本发明通过向量量化若干子帧的最佳增益参数而增加了编码效率。因此, 就可以利用向量量化增益来更新内部编码器状态。这会减少在保持编码器和译码器的内部状态同步的同时, 对一帧进行编码所需要的位数。

25

附图简要说明

参考下面的描述和附图, 本发明及其更多的目的和优点将会更好地理解, 其中:

图 1 为典型的现有技术 LPAS 编码器框图;

图 2 是依据本发明的方法流程图;

图 3 是依据本发明的一个 LPAS 编码器实施例框图。

最佳实施例的详细描述

为了更好地理解本发明, 详细说明将从典型 LPAS 编码器的简短

描述开始。

图 1 是一种典型现有技术中 LPAS 编码器的框图。编码器包含一个分析部分和一个合成部分。

5 在分析部分中，线性预测器 10 接收语音帧 s （通常在 8000Hz 下取样 20ms 语音），并在量化器 12 中进行量化之后确定控制合成滤波器 14（通常为一个 10 级的全极滤波器）的滤波系数。非量化的滤波系数还可用来控制一个加权滤波器 16。

10 在合成部分，来自自适应代码簿 18 和固定代码簿 20 的码向量分别在缩放单元 22 和 24 中进行缩放，缩放后的向量在加法器中进行相加从而形成一个激励向量来激发合成滤波器 14。这会形成一个合成的语音信号 \hat{s} 。反馈线 28 用新的激励向量来更新自适应代码簿 18。

15 加法器 30 形成一个实际的语音信号 s 和合成语音信号 \hat{s} 之间的差值 e 。然后在加权滤波器 16 中对误差信号 e 进行加权，并将加权后的误差信号 ew 送至搜索算法块 32。搜索算法块 32 通过最小化帧上的距离尺寸：

$$D = \|ew\|^2 = \|W \cdot (s - \hat{s})\|^2 = \|W \cdot s - W \cdot H \cdot (ga \cdot ca + gf \cdot cf)\|^2 \quad (1)$$

来确定分别在控制线 34、36、38 和 40 上的来自代码簿 18 和 20 的代码向量 ca 和 cf 和在缩放单元 22 和 24 中的增益 ga 和 gf 的最佳组合。其中 W 表示一个加权滤波矩阵， H 表示一个合成滤波矩阵。

20 搜索算法可概括如下：

对每一帧来说：

1. 利用线性预测对合成滤波器 14 进行估算，并量化滤波器系数。
2. 在当前帧和前一帧之间（在某些领域内，如线状频谱频率）
25 内插线性预测系数，以获得每一子帧的线性预测系数（通常在 8000Hz 时 5ms 的语音取样，即 40 个取样）。加权滤波器 16 根据线性预测滤波器系数进行计算。

对上述帧中的每一子帧来说：

1. 假定 gf 为 0， ga 等于最优（未量化的）值，通过搜索自适应
30 对代码簿 18 来查找代码向量 ca 。
2. 假定增益 gf 等于（未量化的）最优值，通过搜索固定代码簿 20 和使用在上一步找到的代码向量 ca 和增益 ga 来查找代码向量

cf.

3. 对增益系数 g_a 和 g_f 进行量化。量化的方法可能是标量或是向量量化。

4. 用由 ca 、 cf ，以及 g_a 、 g_f 的量化数值产生的激励信号对自适应代码簿 18 进行更新。对合成和加权滤波器状态进行更新。

在所述结构中，每一子帧分别进行编码。这样容易使编码器和译码器同步，而这是 LPAS 编码的本质特征。由于子帧的分别编码，在译码期间对译码器中与编码器合成部分相对应的内部状态进行更新时，其方式与编码期间编码器内部状态的更新方式相同。这使编码器和译码器的内部状态同步。然而，由于公知这种方法能在低位速率情况下进行准确的编码，所以还希望尽可能地增加向量量化的应用。就象下面描述的这样，依据本发明，就可能同时在若干子帧中对增益进行矢量量化，并仍能在编码器和译码器之间保持同步。

下面将结合附图 2 和 3 对本发明进行描述。

图 2 为依据本发明的方法的流程图。可以用下面的算法对 2 个连续子帧进行编码（假定已经依据现有技术执行了线性预测分析、量化和内插）：

S1. 通过最小化子帧 1 的加权误差：

$$DA1 = \|s_{w1} - \tilde{s}_{w1}\|^2 = \|W1 \cdot s1 - W1 \cdot H1 \cdot g_{a1} \cdot ca1\|^2 \quad (2)$$

查找子帧 1 最优自适应代码簿向量 $ca1$ （子帧长度）。在等式（2）中“1”表示子帧 1。而且假定在计算每一个可能的向量 $ca1$ 时，使用的是 g_{a1} 的最优值（未量化）。

S2. 通过最小化加权误差：

$$DF1 = \|s_{w1} - \tilde{s}_{w1}\|^2 = \|W1 \cdot s1 - W1 \cdot H1 \cdot (g_{a1} \cdot ca1 + g_{f1} \cdot cf1)\|^2 \quad (3)$$

查找子帧 1 的最优固定代码簿向量 $cf1$ 。在计算每一个可能的向量 $cf1$ 时，假定使用的是 g_{f1} 的最优值。在本步中，使用了由步骤 S1 确定的 $ca1$ 向量和最优值 g_{a1} 。

S3. 存储一个当前自适应代码簿状态，当前合成滤波器状态和当前加权滤波器状态的复份。自适应代码簿为一个 FIFO（先进先出）单元。该单元的状态由当前在 FIFO 内的值来表示。滤波器是延迟单元，缩放单元和加法器的组合。滤波器的状态由延迟单元的当前输入信号和缩放值（滤波系数）来表示。

S4. 使用在步骤 S1 和 S2 中子帧 1 的临时激励向量:

$$\tilde{x}1 = ga1 \cdot ca1 + gf1 \cdot cf1$$

来更新自适应代码簿状态, 合成滤波器状态以及加权滤波器的状态。这样该向量移入到自适应代码簿中 (在另一端, 相同长度的一个向量移出该自适应代码簿)。通过用他们的内插值来更新相应的滤波器系数, 在合成滤波器中馈入该激励向量, 在加权滤波器中产生的误差向量来更新合成滤波器的状态和加权滤波器的状态。

S5. 通过最小化子帧 2 的加权误差:

$$DA2 = \|sw2 - \tilde{sw}2\|^2 = \|W2 \cdot s2 - W2 \cdot H2 \cdot ga2 \cdot ca2\|^2 \quad (4)$$

来查找子帧 2 的最优自适应代码簿向量 ca2, 在等式 (4) 中 “2” 表示子帧 2。而且假定在计算每一个可能的向量 ca2 时, 使用的是 ga2 的最优值 (未量化)。

S6. 通过最小化加权误差:

$$DF2 = \|sw2 - \tilde{sw}2\|^2 = \|W2 \cdot s2 - W2 \cdot H2 \cdot (ga2 \cdot ca2 + gf2 \cdot cf2)\|^2 \quad (5)$$

查找子帧 2 的最优固定代码簿向量 cf2。在计算每一个可能的向量 cf2 时, 假定使用的是 gf2 的最优值。在本步中, 使用了由步骤 S5 确定的 ca2 向量和最优值 ga2。

S7. 向量量化所有的增益 ga1, gf1, ga2 和 gf2。通过向量量化器, 相应的量化向量 $[\hat{ga}1 \ \hat{ga}2 \ \hat{ga}3 \ \hat{ga}4]$ 从增益代码簿获得。该代码簿可以表示为:

$$[\hat{ga}1 \ \hat{gf}1 \ \hat{ga}2 \ \hat{gf}2]^T \in \{[c_i(0) \ c_i(1) \ c_i(2) \ c_i(3)]^T\}_{i=0}^{N-1} \quad (6)$$

其中 $c_i(0)$, $c_i(1)$, $c_i(2)$, $c_i(3)$ 为增益可以被量化成特定的值。这样, 能从 0 到 N-1 之间变化某个索引 I 可被选择用来表示所有的 4 增益, 向量量化器的任务就是查找该索引。这可以通过最小化下面的表达式而获得:

$$DG = \alpha \cdot DG1 + \beta \cdot DG2 \quad (7)$$

其中 α , β 为常数。第一子帧和第二子帧的增益量化准则由下面给出:

$$DG1 = \|sw1 - \tilde{sw}1\|^2 = \|W1 \cdot s1 - W1 \cdot H1 \cdot (c_i(0) \cdot ca1 + c_i(1) \cdot cf1)\|^2 \quad (8)$$

$$DG2 = \|sw2 - \tilde{sw}2\|^2 = \|W2 \cdot s2 - W2 \cdot H2 \cdot (c_i(2) \cdot ca2 + c_i(3) \cdot cf2)\|^2 \quad (9)$$

因此:

$$j = \underset{i \in \{0, N-1\}}{\operatorname{arg\,min}} \{ \alpha \cdot DG1 + \beta \cdot DG2 \} \quad (10)$$

以及:

$$[\hat{g}a1 \ \hat{g}f1 \ \hat{g}a2 \ \hat{g}f2]^T = [c_j(0) \ c_j(1) \ c_j(2) \ c_j(3)]^T \quad (11)$$

S8. 恢复在步骤 S3 内保存的自适应代码簿状态, 合成滤波器状态和加权滤波器状态。

- 5 S9. 使用第一子帧的最终激励值更新自适应代码簿状态, 合成滤波器状态和加权滤波器状态。此时使用量化增益, 如:

$$\hat{x}1 = \hat{g}a1 \cdot ca1 + \hat{g}f1 \cdot cf1$$

S10. 使用第二子帧的最终激励值更新自适应代码簿状态, 合成滤波器状态和加权滤波器状态。此时使用量化增益, 如:

10 $\hat{x}2 = \hat{g}a2 \cdot ca2 + \hat{g}f2 \cdot cf2$

到此为止两个子帧的编码过程就完成了。接下来对下 2 个子帧重复步骤 S1~S10, 或者是若已经到达一帧的结束, 就开始一个新的、下一帧的线性预测编码循环。

- 15 存储和恢复自适应代码簿、合成滤波器和加权滤波器的状态的理由是为了在步骤 S4 中用未量化的 (最优) 增益来更新这些元件。然而, 这些增益在译码器中是无法使用的, 因为它们是从实际语音信号 s 计算得到的。相反, 仅量化增益在译码器可利用, 这就是说正确的内部状态必须是在增益量化后在编码器中重新生成的。否则, 编码器和译码器将不会有相同的内部状态, 这将导致在对同一语音参数编
- 20 码器和译码器中的语音信号不同步。

- 25 等式 (7) 和 (10) 中包含的加权系数 α 、 β 了说明第一和第二子帧的相对重要性。它们可方便地由能量参数确定, 即高能量子帧能够比低逻辑子帧获得一个较低的权值。这会改善开始 (讲话开始) 和结束 (讲话结束) 处的性能。其它的加权功能, 例如在非开始或结束部分以发声为基础的功能, 也是可行的。加权过程中适用的算法可以概括为:

如果子帧 2 的能量 > 子帧 1 能量的两倍, 那么就使 $\alpha = 2\beta$

如果子帧 2 的能量 < 子帧 1 能量的 0.25 倍, 那么就使 $\alpha = 0.5\beta$

否则, 使 $\alpha = \beta$

- 30 图 3 为依据本发明的一个 LPAS 编码器实施例的方框图。单元 10~40 与图 1 中的相似单元相对应。然而, 搜索算法块 32 已经被一个搜索算法块 50 所代替, 并分别在控制线 60、62、64 和 66 上增加了代

码簿和缩放单元的控制存储块 52、54、56 和一个向量量化器 58。存储块 52、54、56 分别用来存储和恢复自适应代码簿 18、合成滤波器 14 和加权滤波器 16 的状态。向量量化器 58 从增益代码簿 68 中查找最优增益量化向量。

5 例如，搜索算法块 50 和向量量化器 58 的功能是在若干微处理器或者微/信号处理器组合上实现的。

在以上的描述中，假定 2 个子帧的增益是量化向量。如果复杂性的增加是可以接受的，可以通过扩展该想法将一语音帧的所有子帧的增益进行向量量化来使性能进一步提高。为了在增益向量量化之后获得编码器中准确的最后内部状态，需要将若干子帧沿原样返回。

10 因此，不影响编码器和译码器之间的同步，就可能对子帧边界的增益进行向量量化。这会在相当大程度上提高压缩性能，并允许相当大的位速率存储。例如已经发现，当用 6 位对每一子帧增益进行 2 维向量量化时，在品质没有下降的情况下可用 8 位来对 2 个子帧增益进行 4 维向量量化。因此每一子帧会存储 2 位 ($1/2(2*6-8)$)。这对应于 5ms 子帧的 0.4kb/s，在低位速率（如低于 8kb/s）时一个相当大的存储。

值得注意的是，没有引入额外的算法延时，是因为处理过程仅仅对子帧级而不是帧级进行改变，此外，这个改变过程仅仅是与复杂性的一小小的增加有关联。

20 包含子帧 (α , β) 之间的误差加权的最佳实施例会导致语音品质的提高。

对本领域技术人员来说，在没有背离附加权利要求所定义的范围之内，可以对本发明进行各种修改和变化。

25

参考资料

- [1] EP0764939 (AT & T), 第 6 页, 段落 A-第 7 页
- [2] EP0684705 (Nippon Telegraph & Telephone), 第 39 列第 17 行 - 第 40 列第 4 行

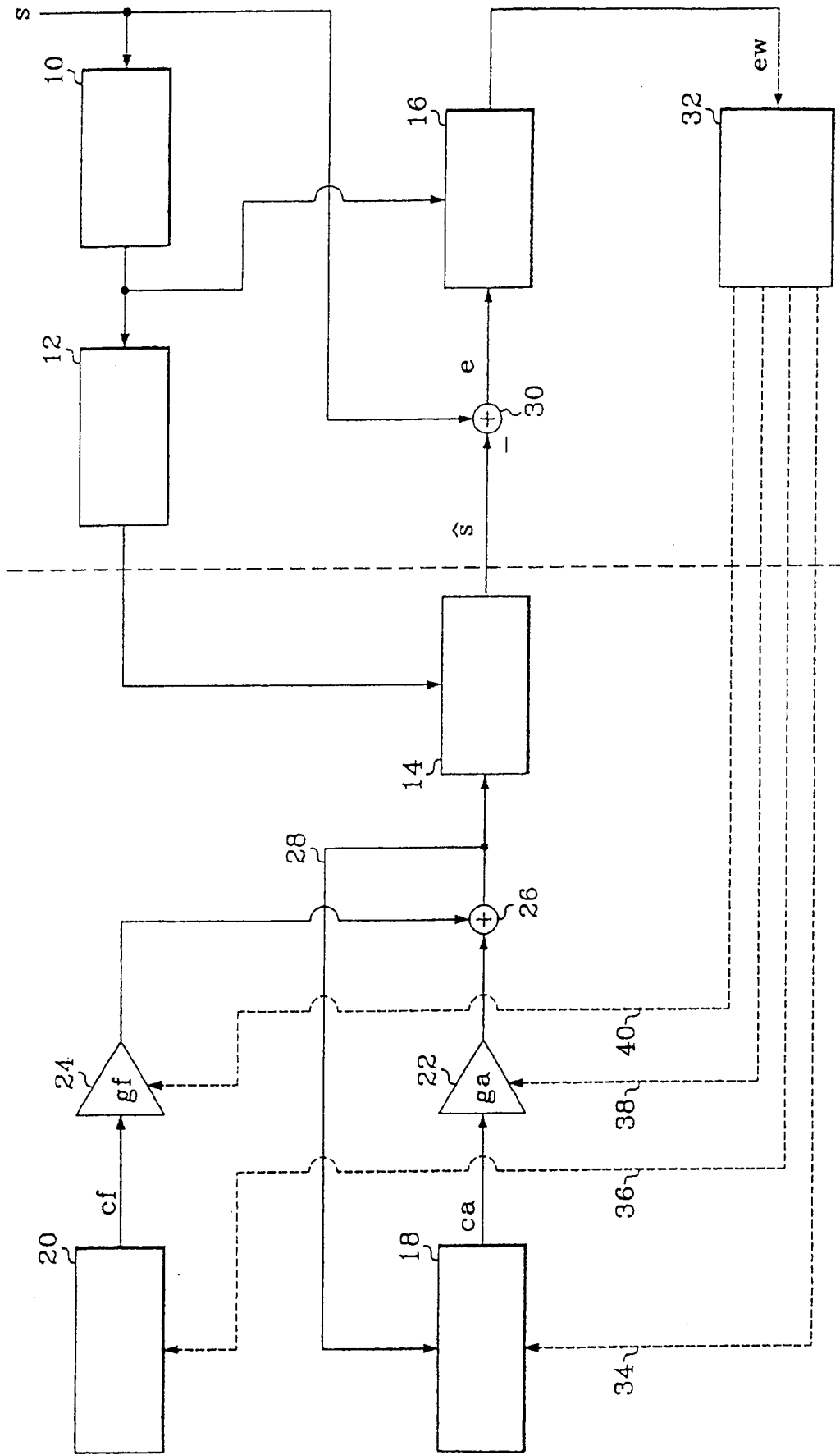


图 1

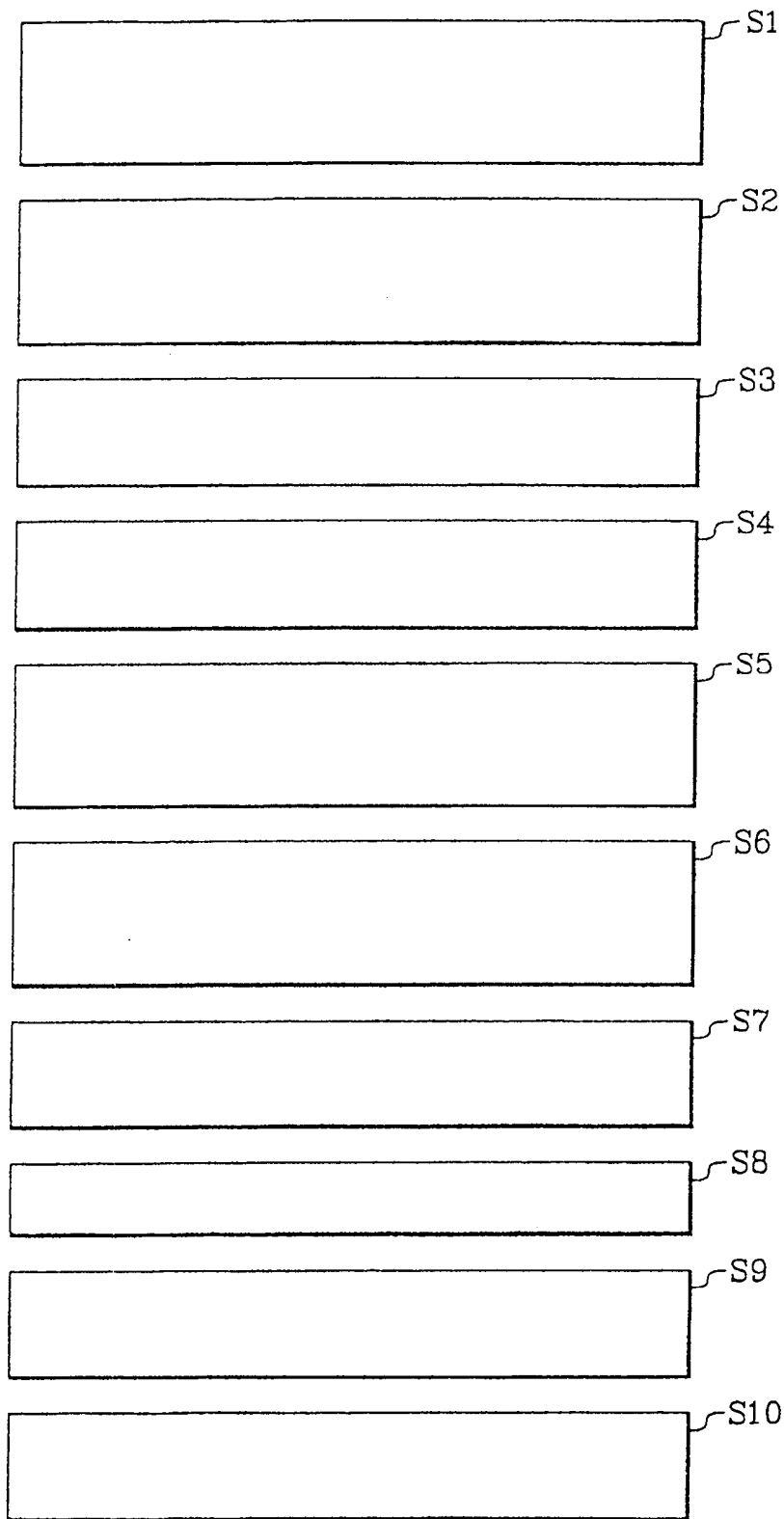


图 2

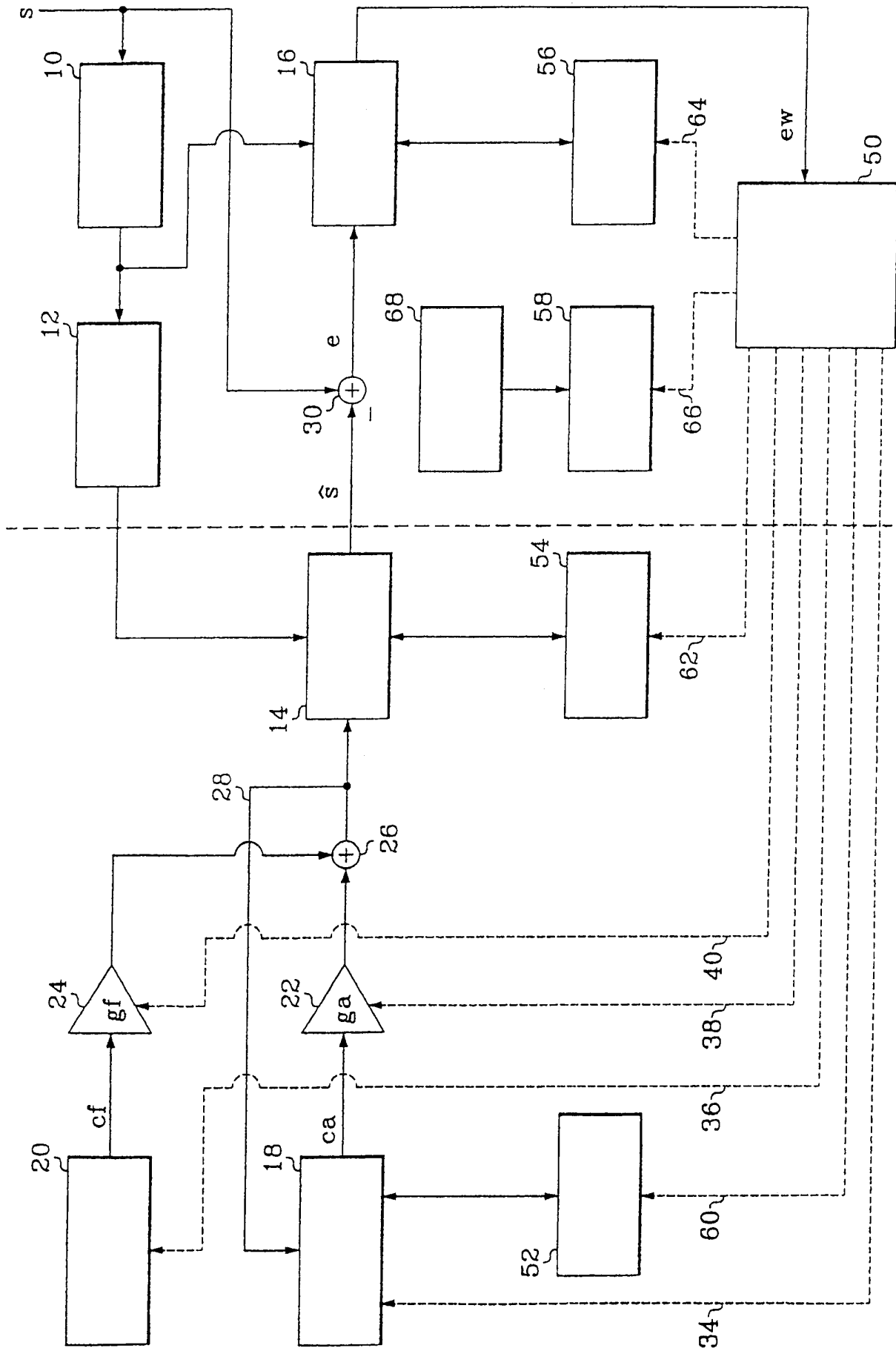


图 3