[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G10L 21/02 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610163737.0

[43] 公开日 2007 年 9 月 26 日

[11] 公开号 CN 101042871A

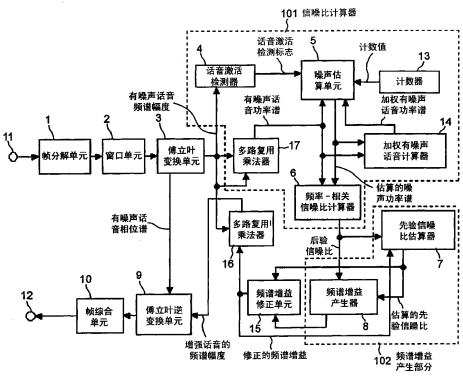
[22] 申请日 2001.12.27
[21] 申请号 200610163737.0
分案原申请号 01822846.1
[30] 优先权
[32] 2000.12.28 [33] JP [31] 2000－401578
[71] 申请人 日本电气株式会社
地址 日本东京都
[72] 发明人 加藤正德 杉山昭彦
[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司
代理人 朱进桂
权利要求书 1 页 说明书 29 页 附图 37 页

[54] 发明名称

噪声抑制方法和设备

[57] 摘要

一种噪声抑制设备具有用于将输入信号转换成频域信号的转换器，利用该频域信号来确定信噪比的信噪比计算器，根据该信噪比用于确定频谱增益的频谱增益产生器，用于修正频谱增益以便确定修正的频谱增益的频谱增益修正单元，利用修正的频谱增益加权频域信号的乘法器，以及用于将加权频域信号转换到时域信号的逆变器。 在这种噪声抑制设备中，更可取的是根据有噪声话音的功率谱和估算噪声的功率谱来计算加权的有噪声话音的功率谱，因此而确定信噪比。



1.一种噪声抑制的方法，其特征在于包括下面步骤：

分析输入信号以产生频谱增益；

利用修正系数修正所述频谱增益以便产生一个修正的频谱增益；

利用所述修正的频谱增益来加权所述输入信号以抑制噪声；

确定输入信号的信噪比；以及

确定所述修正系数，以致当所述信噪比相对低时，将对输入信号造成相对强的抑制的一修正系数确定作为所述修正系数。

2.根据权利要求 1所述的噪声抑制的方法，其特征在于当所述信噪比相对高时，确定预示修正相对小的一修正系数。

3．根据权利要求 1或 2所述的噪声抑制的方法，其特征在于所述加权步骤是在频率域执行的。

4.一种噪声抑制设备，其特征在于包括：

频谱增益产生器，其用于分析输入信号以产生频谱增益；

频谱增益修正单元，其利用修正系数修正所述频谱增益以便产生一个修正的频谱增益；

加权单元，其利用所述修正的频谱增益来加权所述输入信号以抑制噪声；

信噪比计算器，其用于确定所述输入信号的信噪比；以及

修正系数产生器，其产生所述修正系数，以致当所述信噪比相对低时，将对输入信号造成相对强的抑制的一修正系数确定作为所述修正系数。

5.根据权利要求4所述的噪声抑制设备，其特征在于当所述信噪比相对高时，确定预示修正相对小的一修正系数。

6．根据权利要求4或5所述的噪声抑制设备，其特征在于所述加权是在频率域执行的。

噪声抑制方法和设备

技术领域

本发明涉及到一种用于抑制叠加在所需要的话音信号上的噪声的方法和设备。

背景技术

噪声抑制器是抑制叠加在所需要的话音信号上的噪声的设备。噪声抑制器进行工作，以便利用已经转变成频域信号的输入信号来估算噪声分量的功率谱，并且从输入信号中减去估算的噪声功率谱，从而抑制与所需要的话音信号混在一起的噪声。噪声抑制器可以通过检测话音的无声部分以及更新噪声分量的功率谱来抑制非稳定性噪声。

一种噪声抑制器公开发表在 1984年 12月 IEEE（电气与电子工程师协会）声学、话音、和信号处理的论文集中，32卷编号 6，1109到 1121页（参考文献 1）。在这篇文章中，所述噪声抑制器使用通常所说的最小均方误差快速频谱幅度处理技术。图 1显示描述在参考文献 1中的噪声抑制器结构。包含所需要的话音信号与噪声混合的信号在下文中将称为有噪声的话音信号。

图 1显示的噪声抑制器包括输入端 11、帧分解单元 1、窗口单元 2、傅里叶变换单元 3、话音激活检测器 4、噪声估算单元 51、频率-相关信噪比（SNR）计算器 6、先验信噪比估算器 7、频谱增益产生器 8、傅里叶逆变换单元 9、帧综合单元 10、输出端 12、计数器 13、和多路复用乘法器 16、17。在该噪声抑制器中，输入端 11提供有噪声的话音信号作为采样的序列。然后，有噪声的话音信号的采样值提供给帧分解单元 1，它将有噪声的话音信号分离成具有 K/2个采样的帧，其中 K表示偶数。被分离成帧的有噪声话音信号的采样提供给窗口单元 2，将它们乘上窗口函数 w（t）。通过利用 w（t）窗口操作输入信号 $y_n(t)$（t＝0、1、…、

k/2 - 1）的第 n 帧而产生的信号 $\overline{y}_n(t)$ 用下面的方程式来表示：

$$\overline{y}_n(t) = w(t)y_n(t) \quad (1)$$

在该噪声抑制器中，通常重叠以及窗口操作连续的两帧。如果假设帧长的 50%用作为重叠长度，则窗口单元 2输出的 $\overline{y}_n(t)$（t＝0、1、…、K - 1），用方程式（2）、（3）表示：

$$\overline{y}_n(t) = w(t)y_{n-1}(t) \quad (2)$$

$$\overline{y}_n(t+K/2) = w(t+K/2)y_n(t) \quad (3)$$

在以下描述中，假定 50%重叠。汉明窗口用方程式（4）表示，例如，可以用 w（t）：

$$w(t) = \begin{cases} 0.5 + 0.5\cos(\dfrac{\pi(k-K/2)}{K/2}, 0 \le t < K \\ 0, \text{其它} \end{cases} \quad (4)$$

窗口输出的 $\overline{y}_n(t)$ 提供给傅里叶变换单元 3，它将窗口输出 $\overline{y}_n(t)$ 转换成有噪声的话音频谱 $Y_n(k)$。有噪声的话音频谱 $Y_n(k)$ 被分成一个相位和一个幅度。有噪声的话音相位谱 $\arg Y_n(k)$ 提供给傅里叶逆变换单元 9，有噪声的话音频谱幅度 $|Y_n(k)|$ 提供给话音激活检测器 4，多路复用乘法器 16、和多路复用乘法器 17。

话音激活检测器 4根据有噪声的话音 $|Y_n(k)|$ 的频谱幅度来确定话音是否存在，并且将一个根据确定结果设置的话音激活检测标志传输给噪声估算单元 51。多路复用乘法器 17利用提供的有噪声话音 $|Y_n(k)|$ 的频谱幅度计算有噪声的话音功率谱，并且将计算的噪声话音功率谱提供给噪声估算单元 51和频率-相关信噪比计算器 6。

噪声估算单元 51利用话音激活检测标志、有噪声话音功率谱、和计数器 13提供的计数值来估算噪声功率谱，并且将估算的功率谱传输给频率-相关信噪比计算器 6作为估算的噪声功率谱。频率-相关信噪比计算器 6通过利用有噪声话音功率谱和已经提供的估算噪声功率谱为每个频率计算信噪比，并且提供该计算的信噪比作为后验信噪比给先验信噪比估算器 7和频谱增益产生器 8。

先验信噪比估算器 7利用提供的后验信噪比以及从频谱增益产生器 8提供的频谱增益来估算先验信噪比，并且将估算的先验信噪比作为反馈

提供给频谱增益产生器 8。

频谱增益产生器 8利用后验信噪比和作为输入提供的估算先验信噪比产生一个频谱增益，并且将频谱增益作为反馈提供给先验信噪比估算器 7，而且还将生成的噪声频谱增益传输给多路复用乘法器 16。

多路复用乘法器 16利用频谱增益产生器 8提供的频谱增益 $\overline{G}_n(k)$ 加权傅里叶变换单元 3提供的有噪声话音 $|Y_n(k)|$ 的频谱幅度，从而确定增强话音 $|\overline{X}_n(k)|$ 的频谱幅度，并且将增强话音 $|\overline{X}_n(k)|$ 的频谱幅度传输给傅里叶逆变换单元 9。增强的话音 $|\overline{X}_n(k)|$ 用方程式（5）表示：

$$|\overline{X}_n(k)| = \overline{G}_n(k)|Y_n(k)| \qquad (5)$$

傅里叶逆变换单元 9将多路复用乘法器 16提供的增强话音 $|\overline{X}_n(k)|$ 的频谱幅度与傅里叶变换单元 3提供的有噪声话音相位谱 $\arg Y_n(k)$ 彼此相乘，因此确定增强的话音 $\overline{X}_n(k)$。即，傅里叶逆变换单元 9根据方程式（6）执行计算：

$$\overline{X}_n(k) = |\overline{X}_n(k)|\arg Y_n(k) \qquad (6)$$

傅里叶逆变换单元 9在产生的增强话音 $\overline{X}_n(k)$ 上执行傅里叶逆变换，产生一个时域的采样序列 $\overline{x}_n(t)$（t = 0、1、...、K - 1），其中一帧由 K 个采样值组成，并且传输该时域采样 $\overline{x}_n(t)$ 给帧综合单元 10。帧综合单元 10从 $\overline{x}_n(t)$ 相邻的两帧取出 k/2个采样值，并且叠加该 k/2个采样值，根据方程式（7）产生增强话音 $\hat{x}_n(t)$。产生的增强话音 $\hat{x}_n(t)$（t = 0、1、...、K - 1）作为帧综合单元 10的输出传送到输出端 12。

$$\hat{x}_n(t) = \overline{x}_{n-1}(t + K/2) + \overline{x}_n(t) \qquad (7)$$

参考文献 1没有详细地公开如何实现包含在图 1所示噪声抑制器中的话音激活检测器 4。然而，能够用于噪声抑制器中的话音激活检测器的一个例子可以从“日本声学协会的国家会议的会刊，2000年 3月，321 - 322页（参考文献 2）”获得。参考文献 2中所示的话音激活检测器将作为一个话音激活检测器 4的常规实施例子描述如下。如图 2所示，话音激活检测器 4包括阈值存储器 401、比较器 402、乘法器 404、对数计算器 405、功率计算器 406、加权加法器 407、加权存储器 408、和非门电路 409。

在话音激活检测器 4中，傅里叶变换单元 3（图 1）提供的有噪声话

音的频谱幅度提供给功率计算器 406。功率计算器 406计算有噪声话音从 k = 0到 k - 1的频谱幅度功率 $|Y_n(k)|^2$ 之和，并且将计算的和传送给对数计算器 405。对数计算器 405确定提供的有噪声话音频谱功率的对数，并且提供该对数给乘法器 404。乘法器 404用一个常数乘以提供的对数以便确定有噪声话音功率 Q_n，并且提供该有噪声话音功率给比较器 402和加权加法器 407。具体地，第 n帧中的有噪声话音功率 Q_n是用下面方程式表示：

$$Q_n = 10\log_{10}(\sum_{t=0}^{K-1}|Y_n(k)|^2 \qquad (8)$$

在参考文献 2中公开的话音激活检测器根据方程式（9），利用时域采样 $\overline{y}_n(t)$ 来确定 Q_n。

$$Q_n = 10\log_{10}(\sum_{t=0}^{K-1}|\overline{y}_n^2(t)|^2 \qquad (9)$$

如 Corona，1985发表的“数字信号处理”（参考文献 3）中，75 - 76页所描写，众所周知方程式（8）和（9）根据巴塞伐尔定理（Parseval）是等效的。

阈值存储器 401提供一个阈值 TH_n给比较器 402。比较器 402将乘法器 404的输出与阈值 TH_n进行比较。如果 $TH_n > Q_n$，则比较器 402输出“1”表示话音部分，而如果 $TH_n \leq Q_n$，则比较器 402输出“0”表示无声部分，作为一个话音激活检测标志。比较器 402的输出被用作为话音激活检测的标志，并且也提供给非门电路 409。非门电路 409提供它的输出给加权加法器 407作为加权加法器的控制信号 905。加权加法器 407由阈值存储器 401提供阈值 902以及由加权存储器 408提供加权 903。

加权加法器 407根据加权加法器控制信号 905有选择地更新从阈值存储器 401提供的阈值 902，并且将更新阈值 904作为反馈提供给阈值存储器 401。利用来自加权存储器 408的加权 903，通过执行阈值 TH_{n-1}与有噪声话音功率 901的加权相加来确定更新的阈值 TH_n。更新的阈值 TH_n只有在非门电路 409输出的加权加法器控制信号 905等于“1”时才计算，即，仅仅在无声部分期间计算。因此，更新的阈值 904作为反馈提供给阈值存储器 401。

如图 3所示，功率计算器 406具有多路信号分离器 4061、K个乘法器 4062_0到 4062_{k-1}和加法器 4063。傅里叶变换单元 3（图 1）提供的有噪声话音的多路复用频谱幅度由多路信号分离器 4061分离成频率-相关的K个采样，其分别提供给乘法器 4062_0到 4062_{k-1}。乘法器 4062_0到 4062_{k-1}分别平方提供的输入信号，并且将平方后的信号传送给加法器 4063，这确定输入信号的总和并且将该计算的和输出。

如图 4所示，加权加法器 407具有乘法器 4071、4073、常数乘法器 4075，和加法器 4072、4074。来自乘法器 404（图2）的有噪声话音功率 901，来自阈值存储器 401（图 2）的阈值 902，来自加权存储器 408（图 2）的加权 903以及来自非门电路 409（图2）的加权加法器控制信号 905都作为输入提供给加权加法器 407。具有值 β 的加权 903被传输到常数乘法器 4075和乘法器 4073。常数乘法器 4075用 -1乘上输入信号而产生一个值 – β，并且将该值– β 传送给加法器 4074，还提供 1作为另一个输入。因此，加法器 4074输出和 1– β，该和再提供给乘法器 4071。另一方面，乘法器 4071用有噪声话音功率 Q_n乘以总和 1– β作为另一个输入，产生一个传输到加法器 4072的乘积（1– β）Q_n。乘法器 4073用阈值 902乘以作为加权 903提供的值 β，并且传送乘积 β TH_{n-1}给加法器 4072。加法器 4072将 β TH_{n-1}与（1– β）Q_n相加，并且输出该和作为更新阈值 904。更新的阈值 TH_n只有在加权加法器控制信号 905等于“1”时才计算。即，加权加法器 407具有更新 TH_{n-1}的功能以便在根据下列方程式中 β表示的加权 903数值期间确定 TH_n：

$$TH_n=\begin{cases}TH_n, & TH_n \geq Q_n \\ \beta TH_{n-1}+(1-\beta)Q_n, & TH_n < Q_n\end{cases} \qquad (10)$$

图 5显示包含在图 1所示噪声抑制器中的多路复用乘法器 17的结构例子。多路复用乘法器 17具有 K个乘法器 1701_0到 1701_{k-1}、信号分离器 1702、1703，和多路复用器 1704。在多路复用乘法器 17中，傅里叶变换单元 3（图 1）提供的有噪声话音的多路复用频谱幅度通过信号分离器 1702、1703分离成为频率-相关的 K个采样，它们分别提供给乘法器 1701_0到 1701_{k-1}。乘法器 1701_0到 1701_{k-1}分别平方提供的输入信号，并且将平方的信号传输给多路复用器 1704，它多路复用这些输入信号并且输出该

多路复用信号作为有噪声话音功率谱。

如图 6所示，包含在图 1所示噪声抑制器中的噪声估算单元 51具有信号分离器 502、多路复用器 503、和 K个频率-相关噪声估算单元 514_0到 514_{k-1}。在噪声判断单元 51中，话音激活检测器 4（图 1）提供的话音激活检测标志和计数器 13（图 1）提供的计数值都被传输给频率-相关噪声估算单元 514_0到 514_{k-1}。多路复用乘法器 17（图 1）提供的有噪声话音功率谱被传输到信号分离器 502。信号分离器 502将提供的多路复用有噪声话音功率谱分离成为 K个频率-相关分量，并且将 K个频率-相关分量分别地传输到频率-相关噪声估算单元 514_0到 514_{k-1}。 频率-相关噪声估算单元 514_0到 514_{k-1}利用从信号分离器 502提供的有噪声话音功率谱计算这些噪声功率谱分量，并且将计算的噪声功率谱分量传输给多路复用 503。噪声功率谱的计算是通过计数值和话音激活检测标志的值来控制的，而且只有在预定状态满足时才执行。多路复用器 503多路复用提供的 K个噪声功率谱分量，并且将多路复用的噪声功率谱当作估算噪声功率谱输出。

图 7显示包含在噪声判断单元 51（图 6）中的频率-相关噪声估算单元 514_0到 514_{k-1}的结构。因为频率-相关噪声估算单元 514_0到 514_{k-1}在结构上彼此是相同的，所以在图 7中它们就表示为频率-相关噪声估算单元 514。在参考文献 2中公开的噪声估算算法用来更新无声部分中的估算噪声值，并且使用由递归滤波器平均的估算噪声瞬时值作为估算噪声值。另一个噪声估算算法是公开发表在 1998年 5月，IEEE 话音与音频处理的论文集，卷 6编号 3， 287-292页（参考文献 4），其描述取平均和使用的估算噪声瞬时值。参考文献 4建议利用横向滤波器实现平均处理，即，滤波器包括移位寄存器，而不是递归滤波器。因为上述两者的实现具有同等的功能，所以参考文献 4中公开的处理将描述如下。

频率-相关噪声估算单元 514具有更新判断单元 521、寄存器长度存储器 5041、开关 5044、移位寄存器 4045、加法器 5046、最小值选择器 5047、分离器 5048，和计数器 5049。来自多路分解器 502（图 6）的频率-相关有噪声话音功率谱提供给开关 5044。当开关 5044关合其电路时，频率-相关有噪声话音功率谱被传输给移位寄存器 5045。响应更新判断单

元 521的控制信号，移位寄存器 5045将内部寄存器单元中的存储数值移到相邻的寄存器单元。移位寄存器 5045的长度等于存储在寄存器长度存储器 5941中的数值。来自移位寄存器 5045的全部内部寄存器单元的输出提供给加法器 5046。加法器 5046将来自所有内部寄存器单元提供的输出相加，并且将其和传输给除法器 5048。

另一方面，来自计数器 13的计数值和来自话音激活检测器 4的话音激活检测标志提供给更新判断单元 521。更新判断单元 521总是输出“1”直到计数值达到一个预定值。在计数值达到这预定值后，当话音激活检测标志是“0”时，即在无声部分期间，更新判断单元 521输出“1”，否则输出“0”。更新判断单元 521将它的输出传输给计数器 5049、开关 5044，和移位寄存器 5045。当更新判断单元 521提供信号是“1”时，开关 5044闭合它的电路，而当更新判断单元 521提供的信号是“0”时，断开它的电路。当更新判断单元 521提供信号是“1”时，计数器 5049增加它的计数值，而当从更新判断单元 521提供的信号是“0”时，不改变它的计数值。当更新判断单元 521提供的信号是“1”时，移位寄存器 5045从开关 5044读取一个采样信号并且将内部寄存器单元的存储数值移位到相邻的寄存器单元。

计数器 5049的输出和寄存器长度存储器 5941的输出提供给最小值选择器5047。最小值选择器 5047选择提供的计数值与寄存器长度中较小的一个，并且将选择值传输给除法器 5048。除法器 5048用计数值和寄存器长度中较小的一个除加法器 5046提供的频率-相关有噪声话音功率谱的和，并且输出这个商作为频率-相关估算噪声功率谱 λ_n（k）。如果存储在移位寄存器 5045的频率-相关有噪声话音功率频谱分量的采样值用 B_n（k）（n＝0、1、...、n-1）表示，则该频率-相关估算噪声功率谱 λ_n（k）用方程式（11）表示：

$$\lambda_n(k) = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} B_n(k) \qquad (11)$$

其中 N表示计数值和寄存器长度中较小的一个。因为计数值单调地从零开始增加，所以除法操作开始是利用计数值来执行然后再利用寄存器长度来执行。利用寄存器长度执行除操作意味着确定移位寄存器中存储数值

的平均值。开始，因为没有足够多的数值存储在移位寄存器 5045中，所以将频率-相关有噪声话音功率谱的和除以实际存储数值的寄存器单元的数量。当计数值小于寄存器长度时，实际存储数值的寄存器单元数量等于计数值，而当计数值变得比寄存器长度大时，它等于寄存器长度。

图 8显示更新判断单元 521的结构。更新判断单元 521具有非门电路 5202、比较器 5203、阈值存储器 5204，和或门电路 5211。在更新判断单元 521中，计数器 13（图 1）提供的计数值被传输到比较器 5203。阈值存储器 5204输出的阈值也提供给比较器 5203。比较器 5203将提供的计数值和提供的阈值相互比较。如果计数值是小于阈值，则比较器 5203传输“1”给或门电路 5211，而如果计数值大于阈值，则比较器 5203传输“0”给或门电路 5211。提供给更新判断单元 521的话音激活检测标志被传输到非门电路 5202，它确定输入信号的逻辑反向值并且将该反向值传输给或门电路 5211。具体地说，非门电路 5202将“0”传输给话音激活检测标志是“1”的话音部分中的或门电路 5211，而将“1”传输给话音激活检测标志是“0”的无声部分中的或门电路 5211。结果，在话音激活检测标志是“0”的无声部分期间或者当计数值小于阈值时或门电路 5211输出“1”， 图 7显示的开关闭合而且总计计数器 5049。

图 9显示包含在图 1所示噪声抑制器中的频率-相关信噪比计算器 6的结构例子。频率-相关信噪比计算器 6具有 K个除法器、601_0到 601_{k-1}、多路分解器 602、603，和多路复用器 604。在频率-相关信噪比计算器 6中，多路复用乘法器 17（图 1）提供的有噪声话音功率谱被传输到多路分解器 602。噪声估算单元 51（图 1）提供的估算噪声功率谱被传输到多路分解器 603。有噪声话音功率谱通过多路分解器 602分成对应于各个频率分量的 K个采样，而该 K个采样提供给各个除法器601_0到 601_{k-1}。估算的噪声功率谱通过多路分解器 603被分成对应于各个频率分量的 K个采样，而该 K个采样提供给各个除法器 601_0到 601_{k-1}。除法器 601_0到601_{k-1}用提供的估算噪声功率谱除提供的有噪声话音功率谱，从而根据方程式（12）确定频率-相关信噪比 $\gamma_n(k)$，并且将频率-相关信噪比 γ_n（k）传输给多路复用器 604：

$$\gamma_n(k)=\frac{|Y_n(k)|^2}{\lambda_n(k)} \qquad (12)$$

其中 $\lambda_n(k)$表示估算的噪声功率谱。多路复用器 604多路复用传输的K个频率-相关信噪比，并且输出该多路复用的信噪比作为后验信噪比。

如图 10所示，包含在图 1所示的噪声抑制器中的先验信噪比估算器 7具有多路复用的范围限制处理器 701、后验信噪比存储器 702、频谱增益存储器 703、多路复用乘法器 704、705、加权存储器 706、多路复用加权加法器 707，和加法器 708。

在先验信噪比估算器 7中，频率-相关信噪比计算器 6（图 6）提供的后验信噪比 $\gamma_n(k)$（k＝0、1、...、K - 1）被传输到后验信噪比存储器 702和加法器 708。后验信噪比存储器 702存储第 n帧中的后验信噪比 $\gamma_n(k)$而且传输第（n-1）帧中的后验信噪比 $\gamma_{n-1}(k)$到多路复用乘法器 705。频谱增益产生器 8提供的频谱增益 $\overline{G}_n(k)$（k = 0、1、...、K-1）被传输到频谱增益存储器 703。频谱增益存储器 703存储第 n 帧中的频谱增益 $\overline{G}_n(k)$而且将第（n-1）个帧中的频谱增益 $\overline{G}_{n-1}(k)$传输给多路复用乘法器 704。多路复用乘法器 704平方提供的频谱增益 $\overline{G}_{n-1}(k)$以确定 $\overline{G}^2{}_{n-1}(k)$并且传输 $\overline{G}^2{}_{n-1}(k)$给多路复用乘法器705。多路复用乘法器705将 $\overline{G}^2{}_{n-1}(k)$与 γ_{n-1}（k）（ k = 0、1、...、k-1）相乘以便确定 $\overline{G}^2{}_{n-1}(k)\gamma_{n-1}(k)$，并且将 $\overline{G}^2{}_{n-1}(k)\gamma_{n-1}(k)$作为估算后信噪比 922传送给多路复用加权加法器 707。 多路复用乘法器 704、705在结构上与参考图 5已经描述的多路复用乘法器 17相同，因此这里将不再描述。

加法器 708的另外一端被提供 -1，因此和$\gamma_n(k)-1$被传输到多路复用范围限制处理器 701。多路复用范围限制处理器 701利用范围限制算子 P[.]处理加法器 708提供的和$\gamma_n(k)-1$，于是传送该结果 P[$\gamma_n(k)-1$]作为瞬时估算信噪比 921给多路复用加权加法器 707。P[x]定义如（13）：

$$P[x]=\begin{cases}x, x>0\\ 0, \text{其它}\end{cases} \qquad (13)$$

多路复用加权加法器 707还提供来自加权存储器 706的加权 923。 多路复用加权加法器 707利用在此提供的瞬时估算信噪比 921，估算后信噪

比 922，和加权 923确定估算的先验信噪比 924。如果加权 923用 α 表示而估算的先验信噪比 924用 $\hat{\xi}_n(k)$ 表示，则 $\hat{\xi}_n(k)$ 根据方程式14）计算：

$$\hat{\xi}_n(k) = \alpha\gamma_{n-1}(k)\overline{G}^2_{n-1}(k) + (1-\alpha)P[\gamma_n(k)-1] \qquad (14)$$

其中 $\overline{G}^2_{-1}(k)\gamma_{-1}(k) = 1$

如图 11所示，上面描述的多路复用范围限制处理器 701具有常数存储器 7011、K个最大值选择器 7012_0到 7012_{k-1}、多路信号分离器 7013，和多路复用器 7014。在多路复用范围限制处理器 701中，多路信号分离器 7013提供来自加法器 708（图10）的 $\gamma_n(k)-1$。多路复用分离器 7013分解提供的 $\gamma_n(k)-1$到 K个频率-相关分量而且分别提供这些频率-相关分量给最大值选择器 7012_0到 7012_{k-1}，它们的另外一个输入端提供来自常数存储器 7011的零。最大值选择器 7012_0到 7012_{k-1}将 $\gamma_n(k)-1$与零相比较，并且传送较大的值给多路复用器 7014。这个最大值选择计算对应于根据方程式（13）的计算。多路复用器 7014多路复用这些提供的数值并且输出这些多路复用值。

如图 12所示，多路复用加权加法器 707具有 K个加权加法器 7071_0到 7071_{k-1}，多路信号分离器 7072、7074，和多路复用器 7075。在多路复用加权加法器 707中，来自多路复用范围限制处理器 701（图10）的 $P[\gamma_n(k)-1]$作为瞬时估算信噪比 921提供给多路信号分离器 7072。多路复用分离器 7072分离 $P[\gamma_n(k)-1]$到 K个频率-相关分量，并且将这些频率-相关分量作为频率-相关瞬时估算的信噪比 921_0到 921_{k-1}传送给各个加权加法器 7071_0到 7071_{k-1}。来自多路复用乘法器 705图10）作为估算后信噪比 922的 $\overline{G}^2{}_{n-1}(k)\gamma_{n-1}(k)$ 提供给多路分解器 7074。多路分解器 7074分离 $\overline{G}^2{}_{n-1}(k)\gamma_{n-1}(k)$ 为 K个频率-相关分量，并且将这些频率-相关分量作为过去频率相关估算信噪比 921_0到 921_{k-1}传输给各个加权加法器 7071_0到 7071_{k-1}。加权加法器 7071_0到 7071_{k-1}还提供加权 923。加权加法器 7071_0到 7071_{k-1}根据方程式（14）执行加权加法，并且将结果作为频率-相关估算先验信噪比 924_0到 924_{k-1}传输给多路复用器 7075。多路复用器 7075多路复用频率-相关估算先验信噪比924_0到 924_{k-1}，并且输出多路复用的结果作为估算的先验信噪比 924。每个加权加法器 7071_0到

7071_{k-1}的操作和结构都与上面已经描述的参考图 4的加权加法器 407相同，所以不再详细描述。然而，该加权加法总是在计算。

图 13显示包含在图 1所示噪声抑制器中的频谱增益产生器 8的结构例子。频谱增益产生器 8具有 K个频谱增益探测装置 801_0到 801_{k-1}、多路信号分离器 802、803，和多路复用器 804。在频谱增益产生器 8中，来自频率-相关信噪比计算器 6（图 1）的后验信噪比提供给多路信号分离器 802。多路复用分离器 802分离提供的后验信噪比成 K个频率-相关分量并且将这些 K个频率-相关分量分别地传送到频谱增益探测装置 801_0到 801_{k-1}。来自先验信噪比估算器 7（图 1）的估算先验信噪比提供给多路信号分离器 803。多路信号分离器 803分离提供的估算先验信噪比成 K个频率-相关分量并且分别传送这些 K个频率-相关分量到频谱增益探测装置 801_0到 801_{k-1}。频谱增益探测装置 801_0到 801_{k-1}搜索对应于后验信噪比和已经提供的估算先验信噪比的频谱增益，并且将该结果传送给多路复用器 804。多路复用器 804多路复用提供的频谱增益而且输出该多路复用的结果。

图 14显示频谱增益探测装置 801_0到 801_{k-1}结构的例子。因为频谱增益探测装置 801_0到 801_{k-1}在结构上彼此是相同的，所以它们表示为图 14中频谱增益探测装置 801。频谱增益探测装置 801具有频谱增益表 8011和地址变换器 8012、8013。在频谱增益探测装置 801中，来自多路信号分离器 802（图13）的频率-相关后验信噪比提供给地址变换器 8012。地址变换器 8012将提供的频率-相关后验信噪比转换成为相应的地址，并且传送该地址给频谱增益表 8011。多路信号分离器 803（图13）的频率-相关估算先验信噪比提供给地址变换器 8013。地址变换器 8013将提供的频率-相关估算先验信噪比转换成为相应的地址，并且传送该地址给频谱增益表 8011。频谱增益表 8011输出存储在对应于地址变换器 8012和地址变换器 8013提供的地址所在区域的频谱增益，作为频率相关频谱增益。

常规的噪声抑制器上面已经描述。关于上面描述的常规噪声抑制器，噪声功率谱是根据话音激活检测器的输出在无声部分中更新。因此，如果来自话音激活检测器的检测结果不正确，则不能准确地估算噪声的功率谱。当话音部分长久持续时，因为没有无声部分存在，所以噪声功率谱不

能更新，由此非稳定噪声功率谱的估算精度不可避免地降低。因此，常规的噪声抑制器具有残留噪声以及在增强话音上有失真。

根据常规的抑制算法，噪声功率谱是利用有噪声的话音功率谱来估算。因此，对于常规算法，噪声功率谱在包含有噪声话音中的话音功率谱影响下不能精确地估算，所以噪声趋向保持而失真趋向被引进增强的话音。此外，根据常规的噪声抑制算法，因为噪声抑制是利用频谱增益来完成的，该频谱增益由独立于信噪比的相同计算方法而确定，所以对于增强的话音不能获得足够高的质量。

发明内容

本发明的目的是提供一种噪声抑制方法，通过与话音激活检测器性能无关的精确地估算噪声功率谱，以便产生具有减少失真和噪声的增强话音。

本发明的另一个目的是提供一种用于噪声抑制的设备，通过不受话音激活检测器性能控制的精确地估算噪声功率谱，以便产生具有减少失真和噪声的增强话音。

本发明还有一个目的是提供一种噪声抑制方法，甚至在噪声是非平稳的状态时，该方法通过精确地估算噪声功率谱，以便产生减少失真和噪声的增强话音。

还有，本发明的另一个目的是提供一种用于噪声抑制的设备，甚至当噪声是非平稳状态时，该装置通过精确地估算的噪声功率谱，以便产生具有减少失真和噪声的增强话音。

本发明另外的目的是提供一种噪声抑制方法，以便利用相对于所有信噪比值的最佳频谱增益来产生具有减少失真和噪声的增强话音。

本发明还有一个目的是提供一种用于噪声抑制的设备，以便利用相对于所有信噪比值的最佳频谱增益来产生具有减少失真和噪声的增强话音。

根据本发明的第一个方面，提供一种噪声抑制的方法，其包括步骤：将输入信号转换到频域并且根据频域的信号确定信噪比，根据信噪比确定频谱增益，根据信噪比和频谱增益，修正频谱增益以便产生一个修正的频谱增益，利用修正的频谱增益来加权频域的信号以确定第二频域信号，以

及将第二频域信号转换成时域信号，以便产生噪声已经被抑制的输出信号。

根据本发明的第二个方面，提供一种噪声抑制的设备，它包括：输入信号变换器，其用于将输入信号转换成频域信号；信噪比计算器，其利用频域信号来确定信噪比；频谱增益产生器，其用于根据信噪比来确定频谱增益；频谱增益修正单元，其用于根据信噪比和频谱增益，修正频谱增益以便产生一个修正的频谱增益；乘法器，其利用修正的频谱增益来加权频域信号以便确定第二频域信号；逆变器，其用于将第二频域信号转换成时域信号。

在上述噪声抑制的设备和方法中，噪声是利用依靠信噪比（SNR）的值修正的频谱增益来抑制。具体地说，为噪声抑制的设备具有频谱增益修正单元，其接收信噪比和频谱增益的数值并且计算修正的频谱增益。通过依靠信噪比值利用修正的频谱增益来制止噪声，根据本发明可能获得遭受少量失真以及相对全部信噪比值遭受较小噪声的增强话音。

根据本发明的第三个方面，提供一种噪声抑制的方法，其包括步骤：将输入信号转换到频域信号；利用所述频域信号确定加权；利用所述加权，加权频域信号以便确定加权的频域信号；利用加权的频域信号估算噪声；利用估算的噪声和频域信号确定信噪比；根据信噪比确定频谱增益；利用频谱增益来加权频域信号以确定第二频域信号；以及转换该第二频域信号到时域信号以便产生噪声已经被抑制的输出信号。

根据本发明的第四个方面，提供一种噪声抑制的设备，至少包括：输入信号变换器，其用于将输入信号转换成频域信号；信噪比计算器，其利用频域信号来确定信噪比；频谱增益产生器，其用于根据该信噪比来确定频谱增益；乘法器，其利用频谱增益来加权频域信号以确定第二频域信号；以及逆变器，其用于转换第二频域信号到时域信号，其中信噪比计算器包括：加权计算器，其利用所述频域信号确定加权；加权频域信号计算器，其利用所述加权对所述频域信号加权，以便确定加权的频域信号；噪声估算单元，其利用加权的频域信号来估算噪声。

在上述噪声抑制的方法和设备中，噪声的功率谱是利用加权的频域信号（即，加权有噪声的话音功率谱）估算的。尤其是，对于噪声抑制的设备具有加权频域信号的计算器（即，加权有噪声话音的计算器），其计算来自有噪声话音功率谱的加权噪声话音功率谱以及估算的噪声功率谱。因

为当前帧中噪声功率谱是利用加权噪声话音功率谱和前面帧中估算的噪声功率谱来估算，该加权噪声话音功率谱来自噪声话音功率谱，所以可能精确地估算噪声的功率谱而与噪声的性质无关，从而产生遭受少量失真和噪声的增强话音。

根据本发明的第五个方面，提供一种估算噪声的方法，其包括步骤：利用输入信号和在确定加权时存在的估算的噪声确定信噪比，利用信噪比确定加权，利用权重加权输入信号以便确定加权的输入信号，以及根据加权的输入信号确定估算的噪声。

根据本发明的第六个方面，提供一种估算噪声的设备，它包括：信噪比计算器，其利用输入信号和在确定加权时存在的估算的噪声确定信噪比；加权计算器，其用于根据该信噪比确定加权；输入信号计算器，其利用权重加权输入信号以便确定加权的输入信号；以及噪声估算单元，其用于根据加权的输入信号确定估算的噪声。

附图说明

图 1是显示常规噪声抑制器的结构方框图；

图 2是显示包含在图 1所示噪声抑制器中的话音激活检测器的结构方框图；

图 3是显示包含在图 2所示噪声抑制器中的功率计算器的结构方框图；

图 4是显示包含在图 2所示话音激活检测器中的加权加法器的结构方框图；

图 5是一个显示包含在图 1所示噪声抑制器中的多路复用乘法器的结构方框图；

图 6是显示包含在图 1所示噪声抑制器中的噪声估算单元的结构方框图；

图 7是显示包含在图 6所示噪声估算单元中的频率-相关噪声估算单元的结构方框图；

图 8是显示包含在图 7所示频率-相关噪声估算单元的更新判断单元的结构方框图；

图 9是显示包含在图 1所示噪声抑制器中的频率-相关信噪比计算器的结构方框图；

图 10是显示包含在图 1所示噪声抑制器中的频率-先验信噪比估算器的结构方框图；

图 11是显示包含在图 10所示频率-先验信噪比估算器中的多路复用范围限制处理器的结构方框图；

图 12是显示包含在图 10所示频率-先验信噪比估算器中的多路复用加权加法器的结构方框图；

图 13是显示包含在图 1所示噪声抑制器中的频谱增益产生器的结构方框图；

图 14是显示包含在图 13所示频谱增益产生器中的频谱增益测试单元的结构方框图；

图 15是显示根据本发明第一实施例的噪声抑制器结构方框图；

图 16是显示包含在图 15所示噪声抑制器中的加权噪声话音计算器的结构方框图；

图 17是显示包含在加权噪声话音计算器中的多路复用非线性处理器的结构方框图；

图 18是显示使用多路复用非线性处理器的非线性函数例子的图；

图 19是显示包含在图 15所示噪声抑制器中的噪声估算单元的结构方框图；

图 20是显示包含在图 19所示噪声估算单元中的频率-相关噪声估算单元的结构方框图；

图 21是显示包含在图 20所示频率-相关噪声估算单元的更新判断单元的结构方框图；

图 22是显示包含在图 19所示噪声估算单元中的频率-相关噪声估算单元的结构方框图；

图 23是显示包含在图 15所示噪声抑制器中的频谱增益修正单元的结构方框图；

图 24是显示包含在图 23所示频谱增益修正单元中的频率-相关频谱增益修正单元的结构方框图；

图 25是显示频谱增益产生器结构的第二个例子的方框图；

图 26是显示可以代替图 15所示噪声抑制器中的频率-相关信噪比计算器的频率-带宽-相关信噪比计算器的结构方框图；

图 27是显示包含在图 26所示频率-带宽-相关信噪比计算器中的频率-带宽-相关功率计算器的结构方框图；

图 28是显示根据本发明第二实施例的噪声抑制器结构方框图；

图 29是显示包含在图 28所示噪声抑制器中的噪声估算单元的结构方框图；

图 30是显示包含在图 29所示噪声估算单元中的频率-相关噪声估算单元的结构方框图；

图 31是显示根据本发明第三实施例的噪声抑制器结构方框图；

图 32是显示包含在图 31所示噪声抑制器中的频率-先验信噪比估算器的结构方框图；

图 33是显示根据本发明第四实施例的噪声抑制器结构方框图；

图 34是显示根据本发明第五实施例的噪声抑制器结构方框图；

图 35是显示包含在图 34所示噪声抑制器中的噪声估算单元的结构方框图；

图 36是显示包含在图 35所示噪声估算单元中的频率-相关噪声估算单元的结构方框图；以及

图 37是显示包含在图 36所示频率-相关噪声估算单元中的更新判断单元的结构方框图。

具体实施方式

根据图 15显示的本发明第一实施例的噪声抑制器与图 1显示常规的噪声抑制器类似，但是不同的是噪声估算单元具有不同的内部结构，而且增加了加权有噪声话音计算器 14和频谱增益修正单元 15。具体地说，根据第一实施例的噪声抑制器用噪声估算单元 5代替图 1所示噪声抑制器中的噪声估算单元 51。加权有噪声话音计算器 14计算来自有噪声话音功率谱的加权有噪声话音功率谱和估算的噪声功率谱，并且将该计算的加权有噪声话音功率谱输出到噪声估算单元 5。频谱增益修正单元 15根据频

谱增益和估算的先验信噪比计算修正的频谱增益。用修正的频谱增益代替由频谱增益产生器 8产生的频谱增益提供给多路复用乘法器 16和先验信噪比估算器 7。话音激活检测器 4、噪声估算单元 5、频率-相关信噪比计算器 6、计数器 13、加权有噪声话音计算器 14，以及多路复用乘法器 17共同组成信噪比计算器 101。先验信噪比估算器 7和频谱增益产生器 8共同组成频谱增益产生单元 102。

在以下描述中，用参考字符表示的那些分量与图 1到14中所示的一样。根据本实施例的噪声抑制器，主要相对于常规噪声抑制器的不同描述如下。

如图 16所示，加权有噪声话音计算器 14具有估算噪声存储器 1401、频率-相关信噪比计算器 1402、多路复用非线性处理器 1405，和多路复用乘法器 1404。估算噪声存储器 1401存储从噪声估算单元 5（图 15）提供的估算噪声功率谱，并且将存储的先前帧中估算噪声功率谱输出给频率-相关信噪比计算器 1402。频率-相关信噪比计算器 1402，利用估算噪声存储器 1401提供的估算噪声功率谱和多路复用乘法器 17（图 15）提供的有噪声话音功率谱，为每个频率计算信噪比，并且输出计算的信噪比到多路复用非线性处理器 1405。多路复用非线性处理器 1405利用从频率-相关信噪比计算器 1402提供的信噪比来计算加权因子矢量，并且输出该加权因子矢量给多路复用乘法器 1404。多路复用乘法器 1404计算从多路复用乘法器 17（图 16）提供的有噪声话音功率谱每个频率的乘积，以及计算来自多路复用非线性处理器 1405提供的加权因子矢量，并且输出加权有噪声话音功率谱给估算噪声存储器 5（图 15）。加权有噪声话音功率谱对应于加权的振幅分量。

在加权有噪声话音计算器 14中，频率-相关信噪比计算器 1402在结构上与上面描述的参考图 9的频率-相关信噪比计算器 6相同，并且多路复用乘法器 1404在结构上与上述参考图 5中多路复用乘法器 17相同。因此，将不再详细描述。

包含在加权有噪声话音计算器 14中的多路复用非线性处理器 1405的构造细节与工作将参考图 17在下面进行详细描述。如图 17所示，多路复用非线性处理器 1405具有多路分解器 1495、K个非线性处理器 1485_0

到 1485_{k-1}，和多路复用器 1475。多路分解器 1495分离从频率-相关信噪比计算器 1402（图 16）提供的信噪比成频率-相关信噪比，并且分别输出频率-相关信噪比给非线性处理器 1485_0到 1485_{k-1}。根据非线性函数，非线性处理器 1485_0到 1485_{k-1}输出取决于输入数值的实际价值数。图 18显示一个非线性函数例子。当输入值用 f_1 表示时，图 18所示的非线性函数具有一个用方程式（15）表示的输出值 f_2 ：

$$f_2 = \begin{cases} 1, & f_1 \le a \\ \dfrac{f_1 - b}{a - b}, & a < f_1 \le b \\ 0, & \text{否 则} \end{cases} \tag{15}$$

每个非线性处理器 1485_0到 1485_{k-1}利用非线性函数处理从多路分解器 1495提供的频率-相关信噪比以便确定加权因子，并且输出该加权因子给多路复用器 1475。具体地说，非线性处理器 1485_0到 1485_{k-1}凭借 信噪比输出从 1到 0的加权因子范围，因此它们在信噪比较小时输出 1而在信噪比较大时输出 0。多路复用器 1475多路复用从非线性处理器1485_0到 1485_{k-1}输出的加权因子并且输出加权因子矢量给多路复用乘法器 1404。

用有噪声话音功率谱通过路复用乘法器 1404（图 16）与加权因子相乘，其具有取决于信噪比的数值。当信噪比较大时（即，有噪声话音包含较大的话音分量）加权因子具有较小值。估算的噪声通常是利用有噪声话音功率谱更新的。通过加权有噪声话音功率频谱常常更新具有信噪比的估算噪声，用于估算高精度的噪声，可以减小包含在有噪声话音功率频谱中话音分量的影响。当非线性函数在这个例子中用来计算加权因子时，能够使用另一种形式表示的信噪比函数而不是非线性函数，比如线性函数或者高-次多项式。

图 19显示包含在噪声抑制器中的噪声判断单元 5的结构。噪声判断单元 5类似于用于图 6所示常规噪声抑制器中的噪声判断单元 51，除了它具有多路信号分离器 505之外，而频率-相关噪声判断单元 514_0到 514_{k-1}用频率-相关噪声判断单元 504_0到 504_{k-1}代替。噪声判断单元 5主要是相对这些不同描述如下。

多路信号分离器 505将来自加权有噪声话音计算器 14（图 15）提供

的加权有噪声话音功率频谱分解为频率-相关加权有噪声话音功率频谱，并且将这些频率-相关加权的噪声话音功率频谱分别地输出到频率-相关噪声判断单元 504_0到 504_{k-1}。频率-相关噪声判断单元 504_0到 504_{k-1}根据来自多路信号分离器 502提供的频率-相关有噪声话音功率频谱，根据来自多路信号分离器 505提供的频率-相关权重有噪声话音功率频谱，根据来自话音激活检测器 4（图 15）提供的话音激活检测标志，以及根据来自计数器 13（图 15）提供的计数值来计算频率-相关估算噪声功率谱，并且将计算的频率-相关估算噪声功率谱输出给多路复用器 503。多路复用器 503多路复用频率-相关噪声判断单元 504_0到 504_{k-1}提供的频率-相关估算噪声功率谱，并且输出一个合成的估算噪声功率谱给频率-相关信噪比计算器 6（图 15）和权重有噪声话音计算器 14（图 15）。频率-相关噪声判断单元 504_0到 504_{k-1}的结构将描述如下。

图 20显示频率-相关噪声判断单元 504_0到 504_{k-1}的结构。因为频率-相关噪声判断单元 504_0到 504_{k-1}在结构上是彼此相同的，所以它们表示为图 20中的频率-相关噪声判断单元 504。在此使用的频率-相关噪声判断单元 504不同于图 7所示的频率-相关噪声判断单元 514，在频率-相关噪声判断单元 504中具有估算噪声存储器 5942，更新判断单元 520替换了更新判断单元 521，而且提供给开关 5044的是频率-相关加权的有噪声话音功率频谱，而不是频率-相关有噪声话音功率频谱。这些差异的发生是因为频率-相关噪声判断单元 504_0到 504_{k-1}使用了加权的有噪声话音功率频谱，而不是有噪声话音功率频谱，在计算估算噪声中，而且在确定估算噪声的更新中使用估算的噪声和有噪声话音功率频谱。估算噪声存储器 5942存储分离器 5048提供的频率-相关估算噪声功率谱，并且以上述帧的方式输出存储的频率-相关估算噪声功率谱到更新判断单元 520。

图 21显示更新判断单元 520的结构。更新判断单元 520不同于图 8中的更新判断单元 521，在更新判断单元 520中具有比较器 5205，阈值存储器 5206，和阈值计算器 5207，或门电路 5201替换了或门电路 5211。更新判断单元 520主要是相对这些不同描述如下。

阈值计算器 5207计算一个取决于估算噪声存储器 5942（图 20）提供的频率-相关估算噪声功率谱的数值，并且将其作为一个阈值输出给阈

值存储器 5206。根据计算阈值的简单处理，用一个常数与频率-相关估算噪声功率谱的相乘作为一个阈值。根据其它处理，可以利用高次多项式或者非线性函数来计算阈值。阈值存储器 5206存储从阈值计算器 5207输出的阈值，并且将存储的阈值以上述的帧方式输出到比较器 5205。比较器 5205将阈值存储器 5206提供的阈值与多路信号分离器 502（图 19）提供的频率-相关有噪声话音频谱进行比较。如果频率-相关有噪声话音频谱小于阈值，比较器 5205输出“1”给或门电路 5201。如果频率-相关有噪声话音频谱大于阈值，比较器 5205输出“0”给或门电路 5200。因此，比较器 5205根据估算噪声功率谱的幅度确定是有噪声的语言信号还是噪声。或门电路 5201计算从比较器 5203输出、非门电路5202输出、和比较器 5205输出的逻辑和，并且输出该结果到开关 5044、移位寄存器 5045，和计数器 5049（图 20）。

如果有噪声话音功率不仅在初始状态和无声部分较小，而且在话音部分也较小，则更新判断单元 520输出“1”，从而更新估算噪声。因为阈值是为每个频率计算的，所以估算噪声可以对每个频率更新。

在图 20中，假设计数器 5049具有一个计数值 CNT，移位寄存器 5045具有累加寄存器长度 N，和移位寄存器 5045存储频率-相关加权有噪声话音功率频谱 $B_n(k)$（n = 0、1、...、N-1）。分离器 5048提供的频率-相关估算噪声功率谱 $\lambda_n(k)$ 用方程式（16）表示：

$$\lambda_n(k)=\begin{cases}\dfrac{1}{CNT}\sum_{n=0}^{CNT-1}B_n(k), & CNT<N\\ \dfrac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1}B_n(k), & \text{及其它}\end{cases} \tag{16}$$

换句话说，频率-相关估算噪声功率谱 $\lambda_n(k)$ 表示存储在移位寄存器 5045中的频率-相关权重有噪声话音功率频谱的平均值。该平均值可以利用加权加法器（递归滤波器）计算。使用加权加法器的结构计算频率-相关估算噪声功率谱 $\lambda_n(k)$ 描述如下。

图 22显示频率-相关噪声判断单元 504_0到 504_{k-1}的第二个例子的结构。因为频率-相关噪声判断单元 504_0到 504_{k-1}在结构上彼此相同，它们表示为图 22中的频率-相关噪声判断单元 507。图 22中所示的频率-相关

噪声判断单元 507具有加权加法器 5071和加权存储器 5072，添加它们以代替图 20中所示频率-相关噪声判断单元 504中的移位寄存器 5045、加法器 5046、最小值选择器 5047、分离器 5048、计数器 5049，和寄存器长度存储器 5941。

加权加法器 5071利用估算噪声存储器 5942以上述的帧形式提供的频率相关估算噪声功率谱，利用开关 5044提供的频率-相关权重有噪声话音功率频谱，和利用加权存储器 5072输出的加权因子来计算频率-相关估算噪声，并且输出该计算的频率-相关估算噪声给多路复用器 503。具体地说，如果存储在加权存储器 5072中的加权因子用 δ 表示而频率-相关权重有噪声话音功率频谱用 $\left|\overline{Y}_n(k)\right|^2$ 表示，则从加权加法器 5071输出的频率-相关估算噪声功率谱 $\lambda_n(k)$ 用方程式（17）表示。因为加权加法器 5071在结构上与上面描述的参考图 4的加权加法器 407是相同的，所以加权加法器 5071将不再详细描述。然而，加权加法总是在加权加法器 5071中计算。

$$\lambda_n(k)=\delta\lambda_{n-1}(k)+(1-\delta)\left|\overline{Y}_n(k)\right|^2 \qquad (17)$$

图 15所示噪声抑制器中的频谱增益改进单元 15将描述如下。频谱增益修正单元 15修正取决于信噪比频谱增益，以便防止当信噪比较低时由于不足的抑制引入残留噪声，以及防止当信噪比较高时由于过度的抑制发生话音失真而导致通话质量降低。作为频谱增益修正的一个例子，当信噪比较低时，一个修正值被附加到频谱增益以抑制残留噪声，而信噪比时，频谱增益的最小值被限制以便防止话音失真。如图 23所示，频谱增益修正单元 15具有 K个频率-相关频谱增益修正单元 1501_0到 1501_{k-1}，多路信号分离器 1502、1503，和多路复用器 1054。

多路信号分离器 1502将先验信噪比估算器 7（图15）提供的估算先验信噪比分离成为频率-相关分量，并且分别输出该频率-相关分量给频率-相关频谱增益修正单元 1501_0到 1501_{k-1}。多路信号分离器 1503将频谱增益产生器 8（图15）提供的频谱增益分离成为频率-相关分量，并且分别输出该频率-相关分量给频率-相关频谱增益修正单元 1501_0到 1501_{k-1}。频率-相关频谱增益修正单元 1501_0到 1501_{k-1}中的每个，根据多路信号分离器 1502提供的频率-相关估算先验信噪比和多路信号分离器 1503提供的

频率-相关频谱增益，计算频率-相关修正频谱增益，并且输出该计算的频率-相关修正频谱增益给多路复用器 1504。多路复用器 1504多路复用频率-相关频谱增益修正单元 1501_0到 1501_{k-1}提供的频率-相关修正频谱增益，并且将多路复用的修正频谱增益输出到多路复用乘法器 16和先验信噪比估算器 7。

图 24显示频率-相关频谱增益修正单元 1501_0到 1501_{k-1}的结构。因为频率-相关频谱增益修正单元 1501_0到 1501_{k-1}在结构上彼此是相同的，所以它们表示为图 24中的频率-相关频谱增益修正单元 1501。频率-相关频谱增益修正单元 1501具有最大值选择器 1591、频谱增益下限存储器 1592、阈值存储器 1593、比较器 1594、开关（选择器）1595、修正值存储器 1596，和乘法器 1597。

比较器 1594将阈值存储器 1593提供的阈值与多路信号分离器 1502（图 23）提供的频率-相关估算先验信噪比相互进行比较。如果频率-相关估算先验信噪比大于该阈值，则比较器 1594提供“0”给开关 1595。如果频率-相关估算先验信噪比小于该阈值，则比较器 1594提供“1”给开关 1595。当比较器 1594的输出是“1”时，开关 1595将多路信号分离器 1503（图 23）提供的信号输出给乘法器 1597。当比较器 1594输出是“0”时，开关 1595将多路信号分离器 1503提供的信号输出给最大值选择器 1591。就是说，当频率-相关估算先验信噪比小于该阈值时，频谱增益被修正。由于该频谱增益是在信噪比较小时修正，所以话音分量没有过度地抑制，而且残留噪声的数值减少。乘法器 1597计算开关 1595的输出值与修正值存储器 1596的输出值的乘积，并且输出该计算结果到最大值选择器 1591。为了减少频谱增益值，修正值通常小于 1。然而，是否可以选择该修正值取决于噪声抑制器的目的。在图 1所示的常规噪声抑制器中，频谱增益是提供给多路复用乘法器 16和先验信噪比估算器 7。然而，在根据第一实施例的噪声抑制器中，提供给多路复用乘法器 16和先验SNR估算器 7的是修正的频谱增益，而不是频谱增益。

频谱增益下限存储器 1592提供一个为频谱增益而存储的下限值给最大值选择器 1591。最大值选择器 1591将开关 1595提供的频率-相关频谱增益与频谱增益下限存储器 1592提供的频谱增益下限值相互进行比较，

并且输出它们之中较大的一个给多路复用器 1504（图 23）。这就是，频谱增益总是大于在频谱增益下限存储器 1592中存储的下限值。因此，防止由于过度的抑制而使话音失真。

图 25显示包含在图 1所示噪声抑制器中的频谱增益产生器结构的第二个例子。在此图解说明的频谱增益产生器 81具有最小均方误差 STSA增益函数值计算器 811、归一化似然比计算器 812、话音存在概率存储器 813、和频谱增益计算器 814。频谱增益产生器 81不同于图 15所示通过搜索来确定频谱增益的频谱增益产生器 8，因为噪声频谱增益产生器 81根据估算先验信噪比和提供的后验信噪比来计算频谱增益。根据参考文献1中描述的方程式计算频谱增益的过程将描述如下。

假设帧的编号用 n来表示，频率数用 k表示，$k,\gamma_n(k)$ 表示频率-相关信噪比计算器 6（图15）提供的频率-相关后验信噪比，而 $\hat{\xi}_n(k)$ 表示先验信噪比估算器 7（图15）提供的频率-相关估算先验信噪比。也可以假设：

$$\eta_n(k)=\hat{\xi}_n(k)/q,$$

$$\upsilon_n(k)=\eta_n(k)\cdot\gamma_n(k)/(1+\eta_n(k))\upsilon_n(k)$$

最小均方误差 STSA增益函数值计算器 811根据频率-相关信噪比计算器 6提供的后验信噪比，先验信噪比估算器 7提供的估算先验信噪比，以及话音存在概率存储器 813提供的话音存在概率 q来为各个频率计算最小均方误差 STSA增益函数值，并且输出该计算的最小均方误差 STSA增益函数值给频谱增益计算器 814。对于各个频率的最小均方误差 STSA增益函数值$G_n(k)$是通过方程式（18）给出的。在方程式（18）中，$I_0(z)$表示第 0 阶修正的贝塞尔函数，而$I_1(z)$表示第 1 修正的贝塞尔函数。修正贝塞尔函数是描述在 1985年，Iwanami Shoten 出版的“数学字典”的374页 G（参考文献 5）。

$$G_n(k)=\frac{\sqrt{\pi}\sqrt{\upsilon_n(k)}}{2\cdot\gamma_n(k)}\exp\left(-\frac{\upsilon_n(k)}{2}\right)\cdot\left[(1+\upsilon_n(k))I_0\left(\frac{\upsilon_n(k)}{2}\right)+\upsilon_n(k)I_1\left(\frac{\upsilon_n(k)}{2}\right)\right] \quad (18)$$

归一化似然比计算器 812根据频率-相关信噪比计算器 6提供的后验信噪比 $\gamma_n(k)$，先验信噪比估算器 7提供的估算先验信噪比 $\hat{\xi}_n(k)$，以及话音存在概率存储器 813提供的话音存在概率 q来为各个频率计算归一

化似然比，并且输出该计算的归一化似然比给频谱增益计算器 814。对于各个频率的归一化似然比 $\Lambda_n(k)$ 是通过方程式（19）表示：

$$\Lambda_n(k)=\frac{q\exp(\upsilon_n(k))}{1-q1+\eta_n(k)} \qquad (19)$$

频谱增益计算器 814根据最小均方误差 STSA增益函数值计算器 811提供的最小均方误差 STSA增益函数值$G_n(k)$，以及根据归一化似然比计算器 812提供的归一化似然比$\Lambda_n(k)$，为各个频率计算频谱增益，并且输出该计算的频谱增益给频谱增益修正单元 15（图 15）。对于相应频率的频谱增益 $G_n(k)$用方程式（20）表示：

$$\overline{G}_n(k)=\frac{\Lambda_n(k)}{\Lambda_n(k)+1}G_n(k) \qquad (20)$$

在图 15所示的噪声抑制器中，对于包括多个频率的相应频带范围，能够确定和使用普通的信噪比，而不是频率-相关信噪比。为各自频带而用于计算信噪比的频率-相关信噪比计算器 6的第二例子将描述如下。

图 26所示的频率-带宽-相关信噪比计算器 61的结构可以用于代替图15所示噪声抑制器中的频率-相关信噪比计算器 6。频率-带宽-相关信噪比计算器 61与图 9所示的频率-相关信噪比计算器 6不同，其中它具有频率-带宽-相关功率计算器 611、612。频率-带宽-相关功率计算器 611根据多路信号分离器 602提供的频率-相关有噪声话音功率频谱来计算频率-带宽-相关功率，并且分别输出该计算的频率-带宽-相关功率给分离器 601_0到 601_{k-1}。频率-带宽-相关功率计算器 612根据多路信号分离器 603提供的频率-相关估算噪声功率谱来计算频率-带宽-相关功率，并且分别输出该计算的频率-带宽-相关功率给分离器 601_0到 601_{k-1}。

图 27显示频率-带宽-相关功率计算器 611的结构。在图解说明的例子中，整个功率谱被分成 M个具有相等带宽 L的频带，其中 L、M是自然数满足关系 K＝LM。

频率-带宽-相关功率计算器 611具有 M个加法器 6110_0到 6110_{M-1}。从多路信号分离器 602（图 26）提供的频率-相关有噪声话音功率频谱分量 910_0到 910_{k-1}（910_0到 910_{ML-1}）分别传输给对应于各个频率的加法器 6110_0到 6110_{M-1}。例如，因为对应于频带编号 0的频率数是 0到 L-1，所

以频率-相关有噪声话音功率频谱分量 910_0到 910_{L-1}被传输给加法器 6110_0。同样地，例如，因为对应于频带编号 1的频率数是 L 到 2L–1，所以频率-相关有噪声话音功率频谱分量 910_L到 910_{2L-1}被传输给加法器 6110_1。加法器 6110_0到 6110_{M-1}计算提供的频率-相关有噪声话音功率频谱分量的各个和，并且输出频率-带宽-相关有噪声话音功率频谱分量 911_0到 911_{ML-1}（911_0到 911_{k-1}）给分离器 601_0到 601_{k-1}（图 26）。提供来自加法器 6110_0到 6110_{k-1}的计算结果作为频率-带宽-相关有噪声话音功率频谱分量，对于依靠各个频带编号的频率。例如，来自加法器 6110_0 的计算结果输出作为频率-带宽-相关有噪声话音功率频谱分量911_0到 911_{L-1}，而来自加法器 6110_1 的计算结果输出作为频率-带宽-相关有噪声话音功率频谱分量 911_L到 911_{2L-1}。

频率-带宽-相关功率计算器 612在结构和操作中等效于频率-带宽-相关功率计算器 611。因此，频率-带宽-相关功率计算器 612下面将不做详细描述。

在整个功率谱被分成以前描述的多个频带范围同时，也可以使用其它的频带分隔方法，比如，用于分离整个功率谱成为临界频带的方法，其公开在 1980年电子学、信息和通信工程师学会，“监听与话音”的115 - 118页（参考文献 6），或者用于分隔整个功率谱成为倍频度频带的方法，如公开在 1983年，美国 Prentice - Hall公司，“多速率数字信号处理”（参考文献 7）。

本发明的第二实施例将描述如下。根据图 28所示第二实施例的噪声抑制器不同于根据图 15所示第一实施例的噪声抑制器，其中噪声判断单元 5替换为噪声判断单元 52而省去加权有噪声话音计算器 14。根据第二实施例的噪声抑制器主要相对于这些不同描述如下。

图 29显示包含在根据第二实施例的噪声抑制器中的噪声判断单元 52的结构。噪声判断单元 52不同于图 19所示的噪声判断单元 5，其中频率-相关噪声判断单元 504_0到 504_{k-1}用频率-相关噪声判断单元 506_0到 506_{k-1}替换，而且噪声判断单元 52的输入信号没有加权有噪声话音功率频谱。这是因为鉴于图 19所示噪声判断单元 5中的频率-相关噪声判断单元 504_0到 504_{k-1}需要输入具有频率-相关加权有噪声话音功率频谱，而噪声判

断单元 52中的信号噪声判断单元 506_0到 506_{k-1}不需要输入具有频率-相关加权有噪声话音功率频谱。

图 30是一个显示包含在图 29所示噪声判断单元 52中的频率-相关噪声判断单元 506_0到 506_{k-1}的结构方框图。因为频率-相关噪声判断单元 506_0到 506_{k-1}在结构上彼此相同，所以它们表示为图 30中的频率-相关噪声判断单元 506。频率-相关噪声判断单元 506不同于图 20所示的频率-相关噪声判断单元 504，其中它没有使用具有加权有噪声话音功率频谱的输入信号，而它具有分离器 5041、非线性处理机 5042、和乘法器 5043。噪声判断单元 506主要针对这些差别描述如下。

分离器 5041通过估算来自估算噪声存储器 5942提供先前帧中的噪声功率谱，来分离多路信号分离器 502（图29）提供的频率-相关有噪声话音功率频谱，并且输出分离的结果给非线性处理机 5042。非线性处理机 5042，它在结构与功能方面与图 17所示的非线性处理机 1485相同，计算取决于分离器 5041输出的加权因子，并且输出计算的加权因子给乘法器 5043。乘法器 5043计算多路信号分离器 502（图28）提供的频率-相关有噪声话音功率频谱与非线性处理机 5042提供的加权因子两者乘积，并且输出该乘积给开关 5044。

从乘法器 5043输出的信号等效于图 18所示频率-相关噪声判断单元 504中的频率-相关加权噪声话音功率频谱分量。具体地说，频率-相关加权有噪声话音功率频谱可以在频率-相关噪声判断单元 506内计算。因此在根据第二实施例的噪声抑制器中，可以省去加权有噪声话音计算器。

本发明的第三实施例将描述如下。根据图 31所示本发明第三实施例的噪声抑制器不同于根据图 15中所示第一实施例的噪声抑制器，其中先验信噪比估算器具有不同的内部结构。图 32显示用于第三实施例的先验信噪比估算器 71的结构。先验信噪比估算器 71不同于图 10所示的先验信噪比估算器 7，其中它具有估算噪声存储器 712，增强话音功率频谱存储器 713、频率-相关信噪比计算器 715、以及代替后验信噪比存储器 702、频谱增益存储器 703、和多路复用乘法器 705、704的多路复用乘法器 716。此外，鉴于图 10所示的先验信噪比估算器 7的输入信号包含频谱增益，图 32所示的先验信噪比估算器 71的输入信号包含代替频谱增益

的增强话音频谱振幅和估算噪声功率谱。

多路复用乘法器 716将多路复用乘法器 16（图 31）提供每个频率的增强话音频谱振幅进行平方，并且输出该确定的增强话音功率频谱给增强话音功率频谱存储器 713。因为多路复用乘法器 716与如上所述参考图 5的多路复用乘法器 17在结构上相同，所以下面不再详细描述多路复用乘法器 716。增强话音功率频谱存储器 713存储多路复用乘法器 716提供的增强话音功率频谱，并且以先前帧的方式输出存储的增强话音功率频谱给频率-相关信噪比计算器 715。因为频率-相关信噪比计算器 715在结构上与如上所述参考图 9的频率-相关信噪比计算器 6相同，所以下面不再详细描述频率-相关信噪比计算器 715。估算噪声存储器 712存储噪声判断单元 5（图 31）提供的估算噪声功率谱，并且将存储的估算噪声功率谱以先前帧的方式输出到频率-相关信噪比计算器 715。频率-相关信噪比计算器 715，为各个频率，计算增强话音功率频谱存储器 713提供的增涨话音功率频谱的信噪比，以及计算估算噪声存储器 712提供的估算噪声功率谱的信噪比，并且输出计算的信噪比给多路复用加权加法器 707。

在图 32所示先验信噪比估算器 71中的频率-相关信噪比计算器 715的输出信号等效于图 10所示先验信噪比估算器 7中的多路复用乘法器 705的输出信号。因此，根据第三实施例，先验信噪比估算器 7可以用如上所述的先验信噪比估算器 71代替。

本发明的第四实施例将描述如下。根据图 33所示本发明第四实施例的噪声抑制器不同于根据图 28中所示第二实施例的噪声抑制器，其中使用在第三实施例中的先验信噪比估算器 71（看图 32）被用作一个先验信噪比估算器。噪声判断单元 52在结构和工作上与使用在第二实施例中的类似，而先验信噪比估算器 71在结构和工作上与使用在第三实施例中的类似。因此，图 33中所示噪声抑制器完成的功能相当于根据图 15所示第一实施例噪声抑制器的功能。

本发明的第五实施例将描述如下。根据图 34所示第五实施例的噪声抑制器不同于根据图 15所示第一实施例的噪声抑制器，其中噪声判断单元 5替换为噪声判断单元 53而省去加权有噪声话音计算器 4。因此,噪声抑制器如此安排它不需要使用估算噪声的话音激活检测器。根据第五实施例

的噪声抑制器主要针对于这些不同描述如下。

图 35显示用在第五实施例中的噪声判断单元 53的结构。噪声判断单元 53不同于图 19所示的噪声判断单元 5，其中频率-相关噪声判断单元 504_0到 504_{k-1}用频率-相关噪声判断单元 508_0到 508_{k-1}来代替，而且输入信号不包含话音激活检测标志。

图 36显示每个频率-相关噪声判断单元 508_0到 508_{k-1}的结构。因为频率-相关噪声判断单元 508_0到 508_{k-1}在结构上彼此相同，所以它们表示为图 36中的频率-相关噪声判断单元 508。频率-相关噪声判断单元 508不同于图 20所示的频率-相关噪声判断单元 504，其中更新判断单元 520用更新判断单元 522代替，而且该输入信号不包含话音激活检测标志。图 37中图解说明更新判断单元 522的结构。更新判断单元 522不同于图 21所示的更新判断单元 520，其中或门电路 5221代替或门电路 5201，省去非门电路 5202，而且输入信号不包含话音激活检测标志。具体地说，更新判断单元 522不同于图 21所示的更新判断单元 520，它在更新估算噪声中没有使用话音激活检测标志。或门电路 5221计算比较器 5205输出值与比较器 5203输出值的逻辑和，并且将结果输出给触发器 5044、移位寄存器 5045、加计数器 5049（图 36）。更新判断单元 522总是输出“1”直到计数值达到一个预定值。在计数值达到预定值后，当有噪声话音功率小于阈值时更新判断单元 522输出“1”。参考如上所述的图 21，比较器 5025确定有噪声语言信号是不是噪声。即，比较器 5205检测每个频率的话音。因此，利用上述结构，可能实现更新判断单元，其不需要话音激活检测标志包含在输入信号中。

根据本发明优选实施例的噪声抑制器已经在上面进行了描述。在上面的描述中，已经假定最小均方误差快速频谱振幅被用作噪声抑制的算法。然而，本发明也适用于其它的噪声抑制算法。这样的噪声抑制算法一种是维纳滤波处理，其公开在1979年12月，IEEE会刊，67卷编号12，1586 - 1604页（参考文献 8）。

工业实用性

根据本发明，如上所述，因为噪声的功率谱是利用加权的有噪声话音

功率谱来估算，所以噪声的功率谱能够精确地估算而与噪声性质无关，因此利用减少失真和噪声来产生增强话音。此外，根据本发明，因为噪声是利用取决于信噪比值（信号-对-噪声比）的改进频谱增益来抑制的，所以能够利用减少相对于全部信噪比值的失真和噪声来产生增强话音。

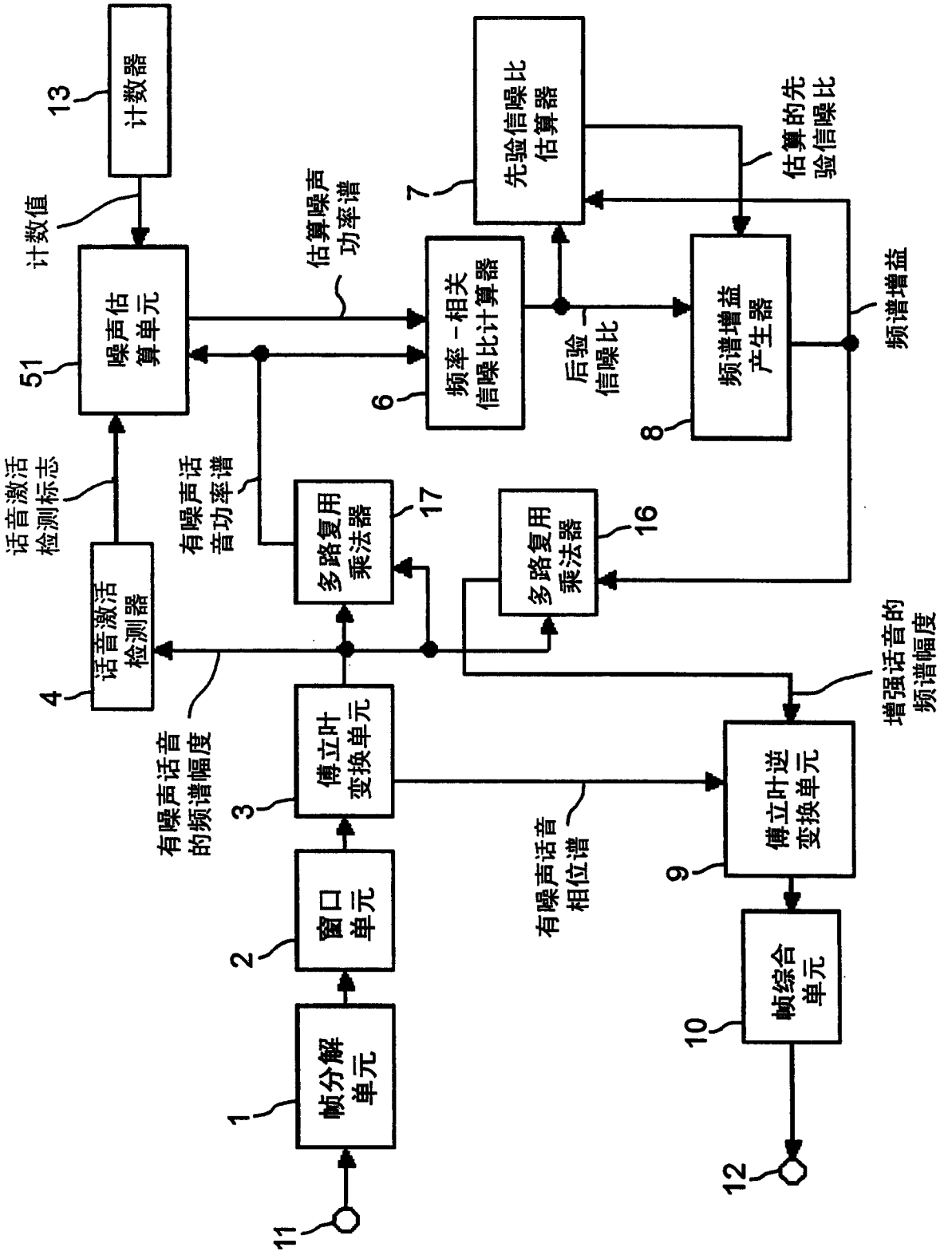

帧分解单元
1
窗口单元
2
傅立叶变换单元
3
话音激活检测器
4
噪声估算单元
51
频率-相关信噪比计算器
6
先验信噪比估算器
7
频谱增益产生器
8
傅立叶逆变换单元
9
帧综合单元
10
11
12
计数器
13
多路复用乘法器
17
多路复用乘法器
16
计数值
话音激活检测标志
有噪声话音的频谱幅度
有噪声话音功率谱
估算噪声功率谱
后验信噪比
估算的先验信噪比
频谱增益
有噪声话音相位谱
增强话音的频谱幅度

图 1

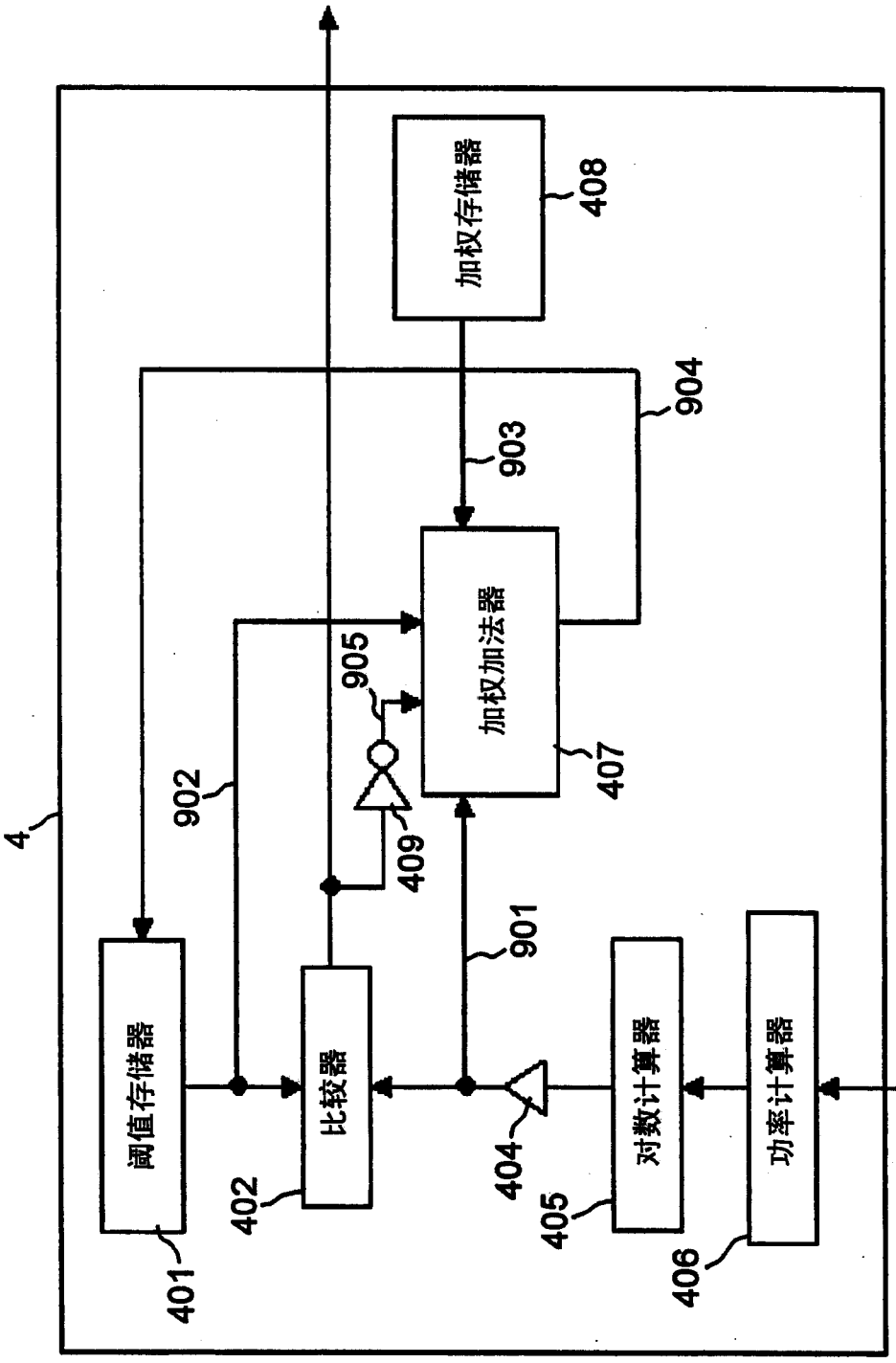

4
阈值存储器
401
比较器
402
对数计算器
405
功率计算器
406
加权加法器
407
加权存储器
408
901
902
903
904
905
409
404
有噪声话音
的频谱幅度

图 2

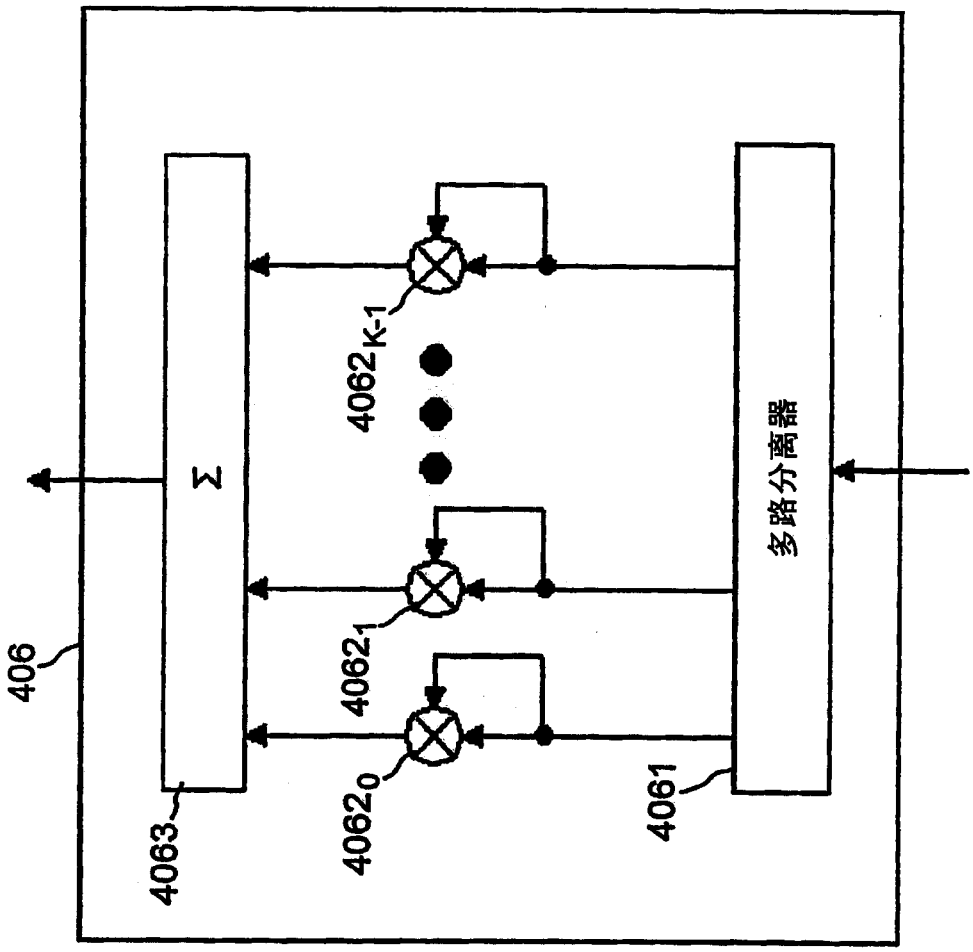


图 3

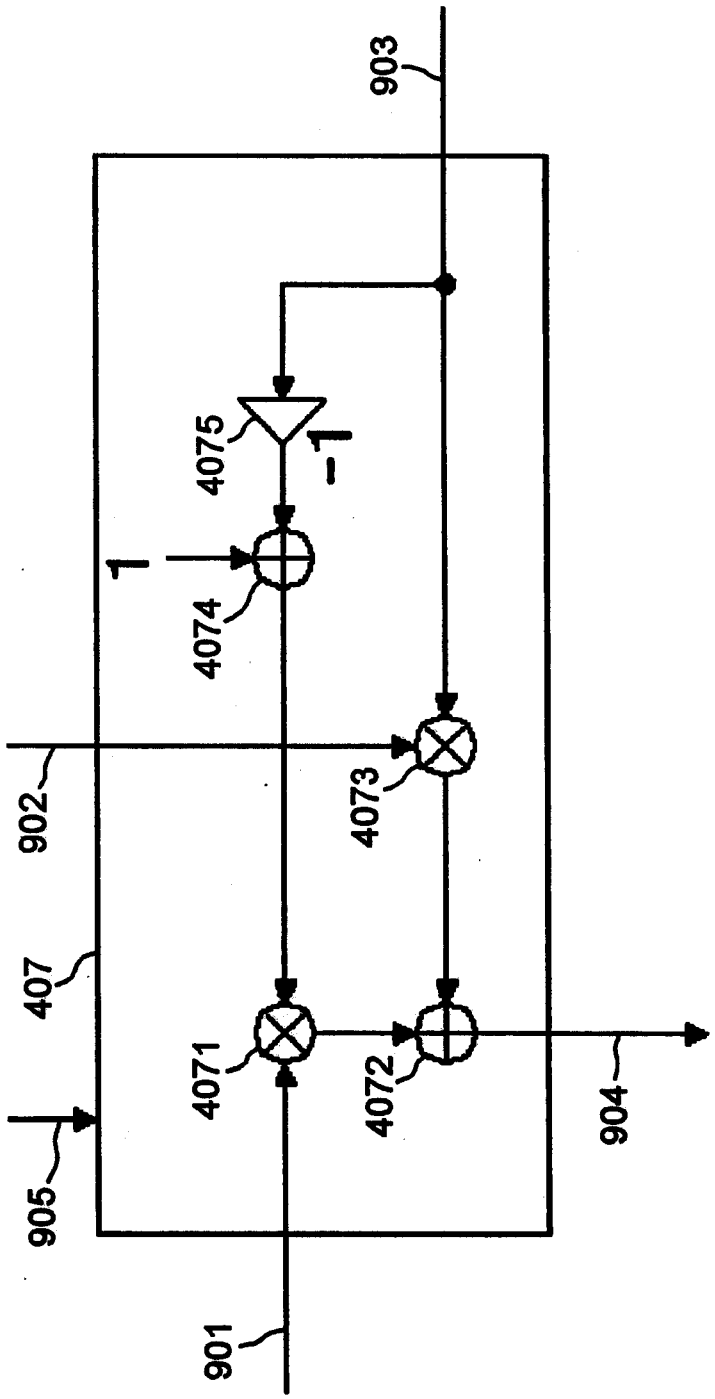


图 4

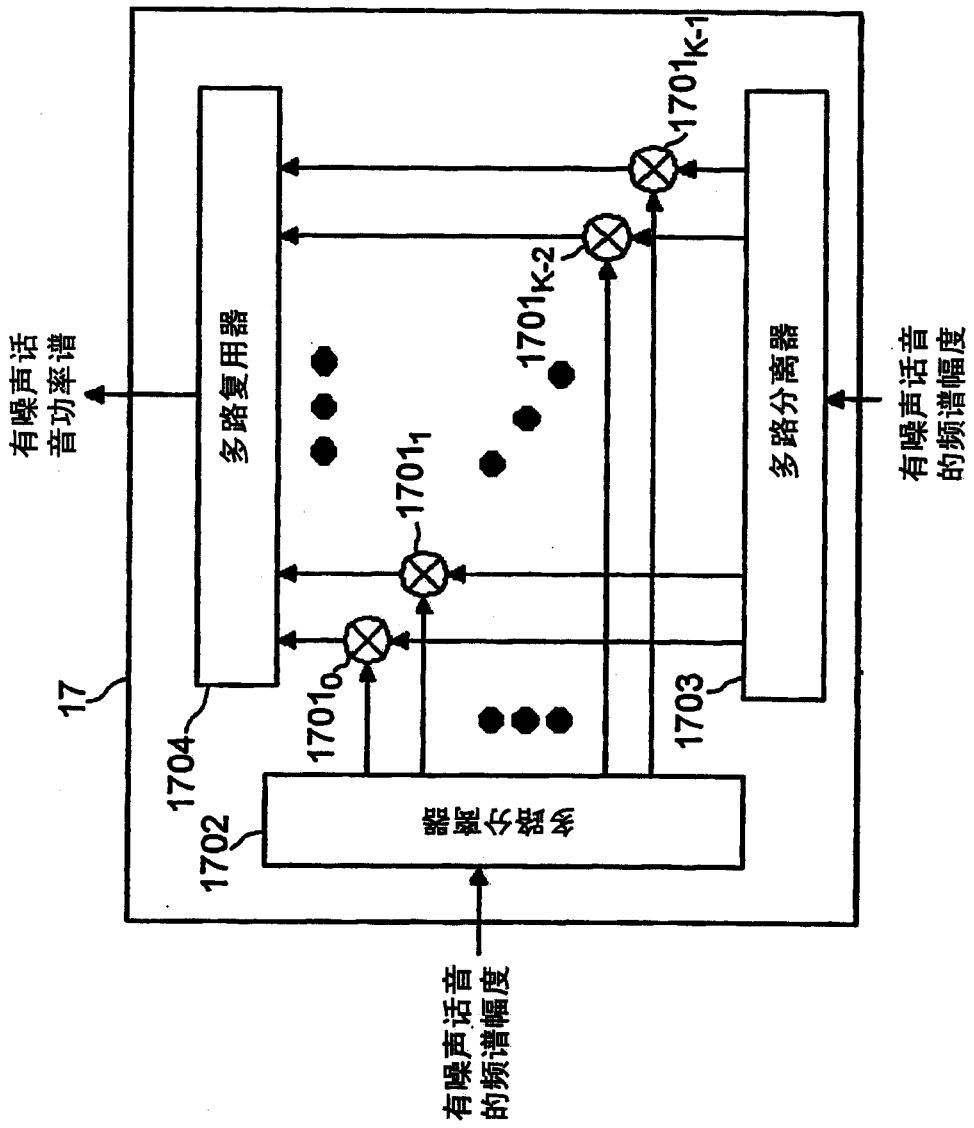

有噪声话音功率谱
多路复用器
多路分离器
有噪声话音的频谱幅度
17
1704
1702
1703
1701_0
1701_1
1701_{K-2}
1701_{K-1}
有噪声话音的频谱幅度

图 5

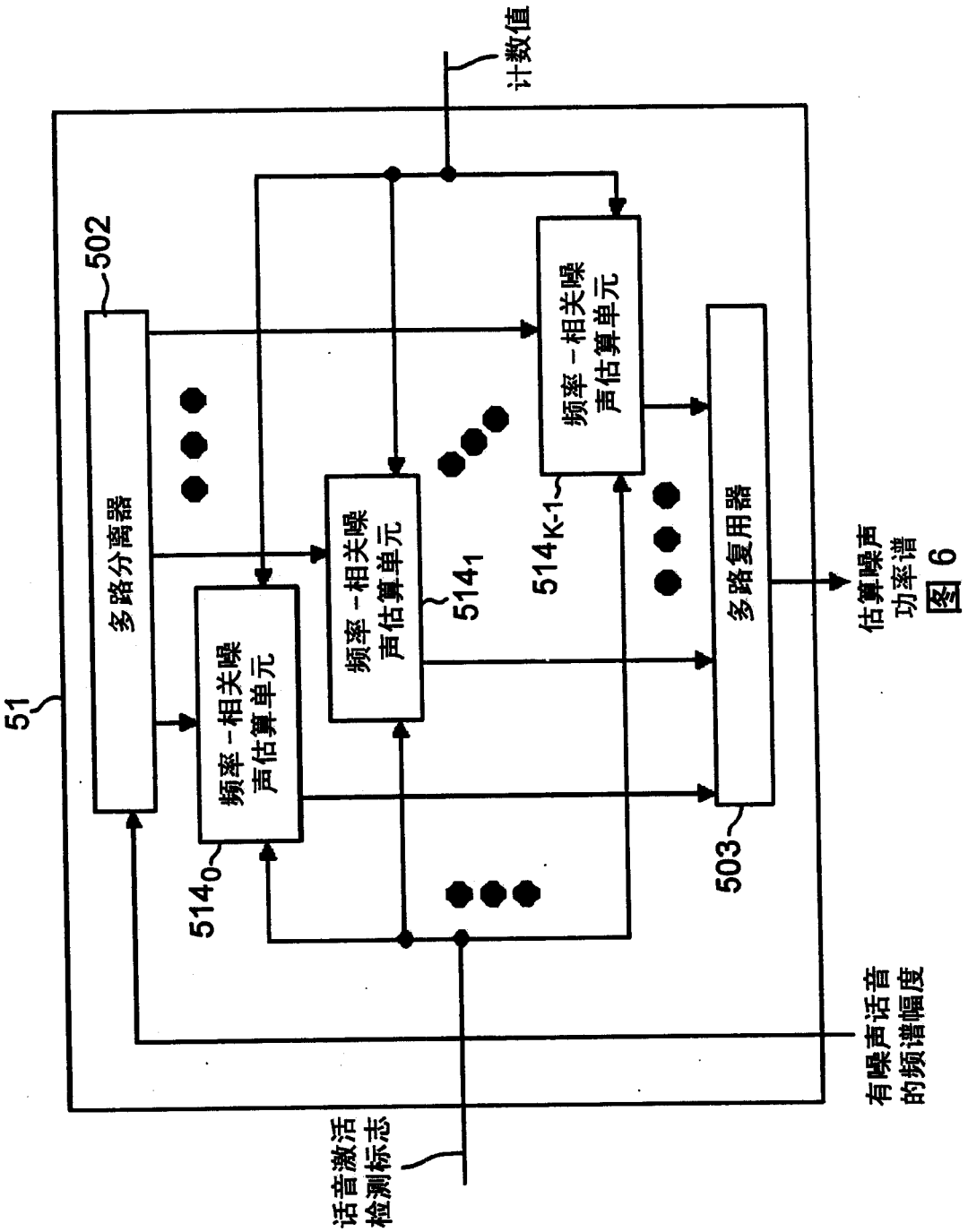

计数值
502
多路分离器
频率－相关噪声估算单元
514_0
频率－相关噪声估算单元
514_1
频率－相关噪声估算单元
514_{K-1}
多路复用器
503
51
估算噪声功率谱
有噪声话音的频谱幅度
话音激活检测标志

图 6

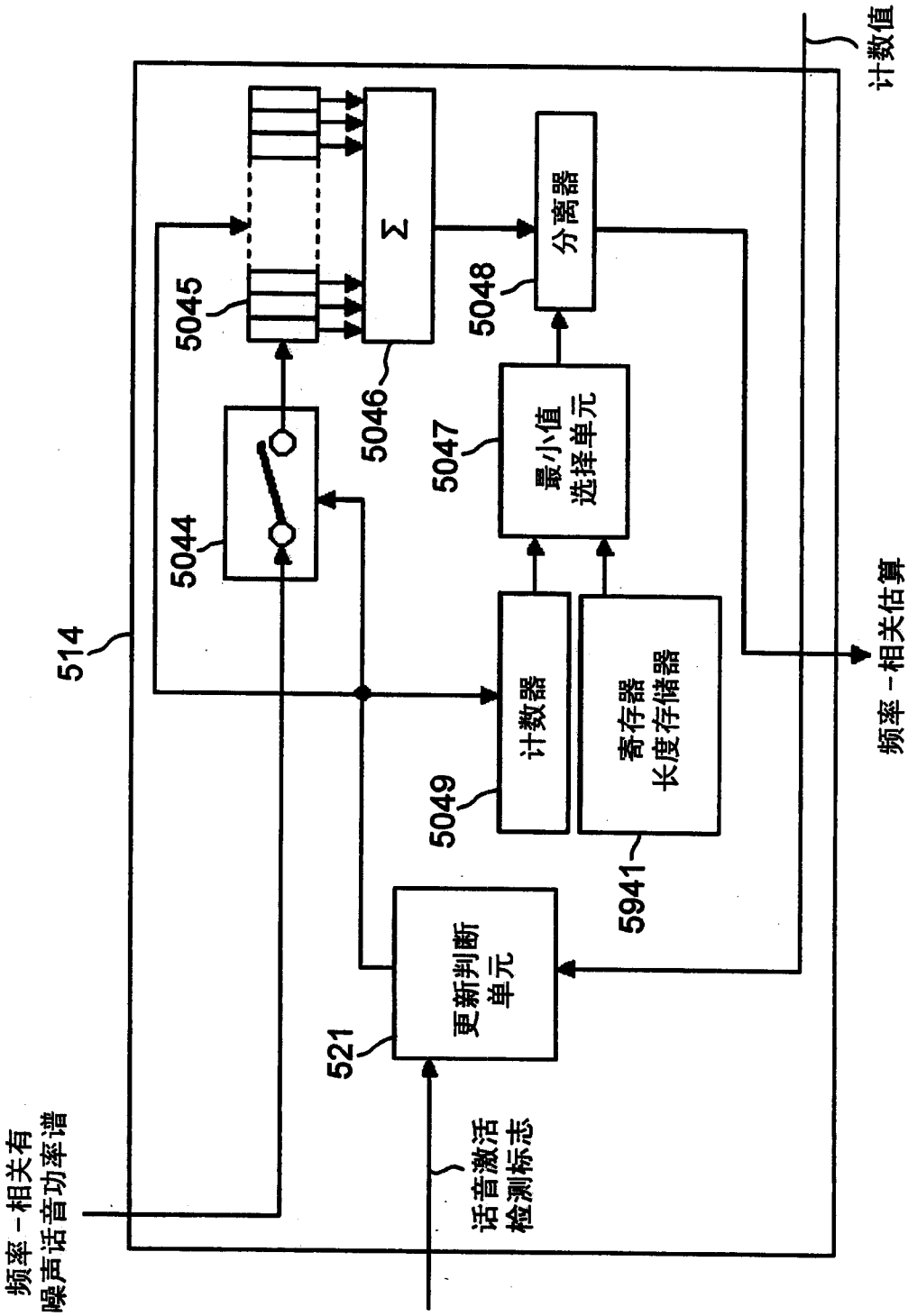

频率－相关有
噪声话音功率谱
话音激活
检测标志
514
521
更新判断
单元
5049
计数器
5941
寄存器
长度存储器
5044
5045
5046
Σ
5047
最小值
选择单元
5048
分离器
计数值
频率－相关估算
噪声功率谱

图 7

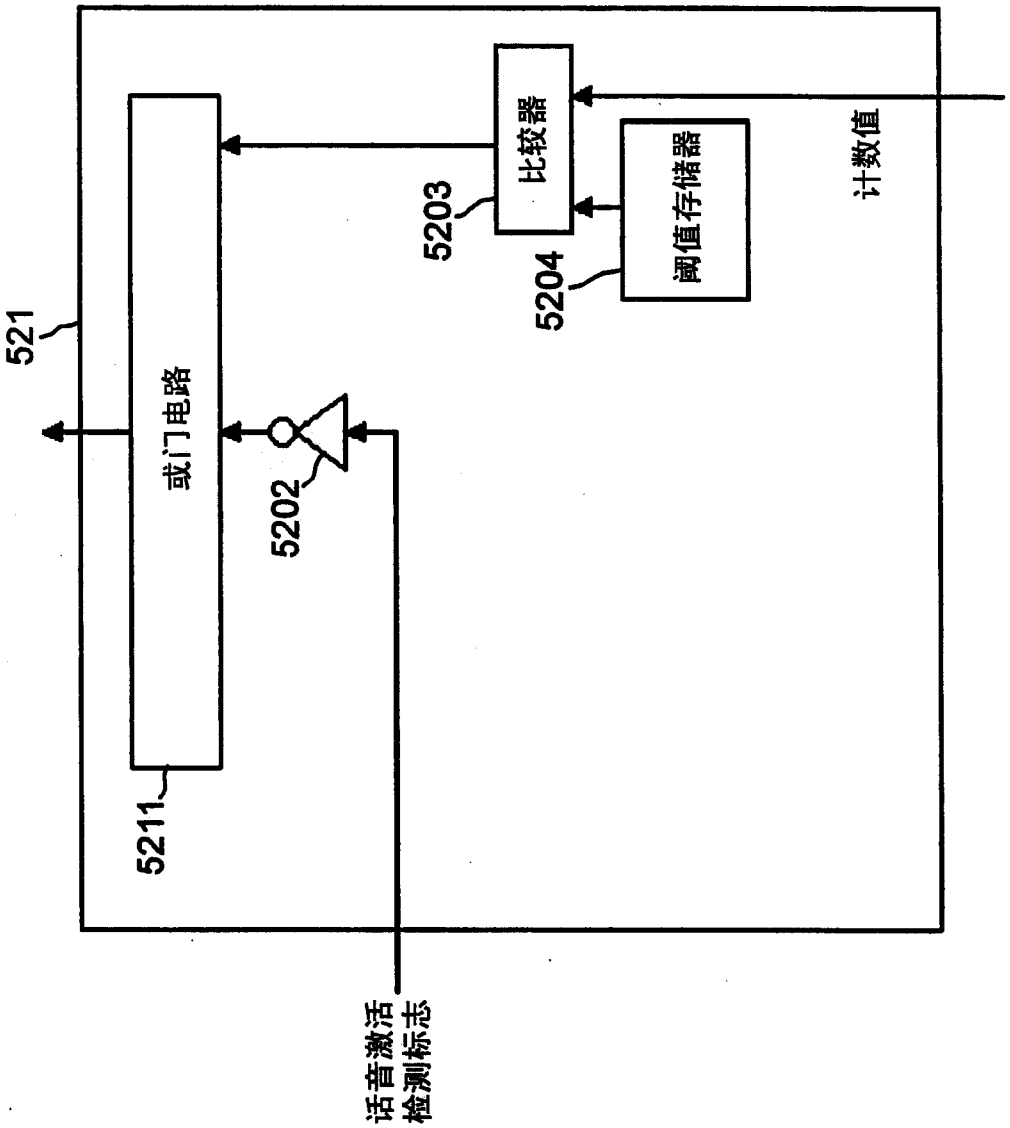


图 8

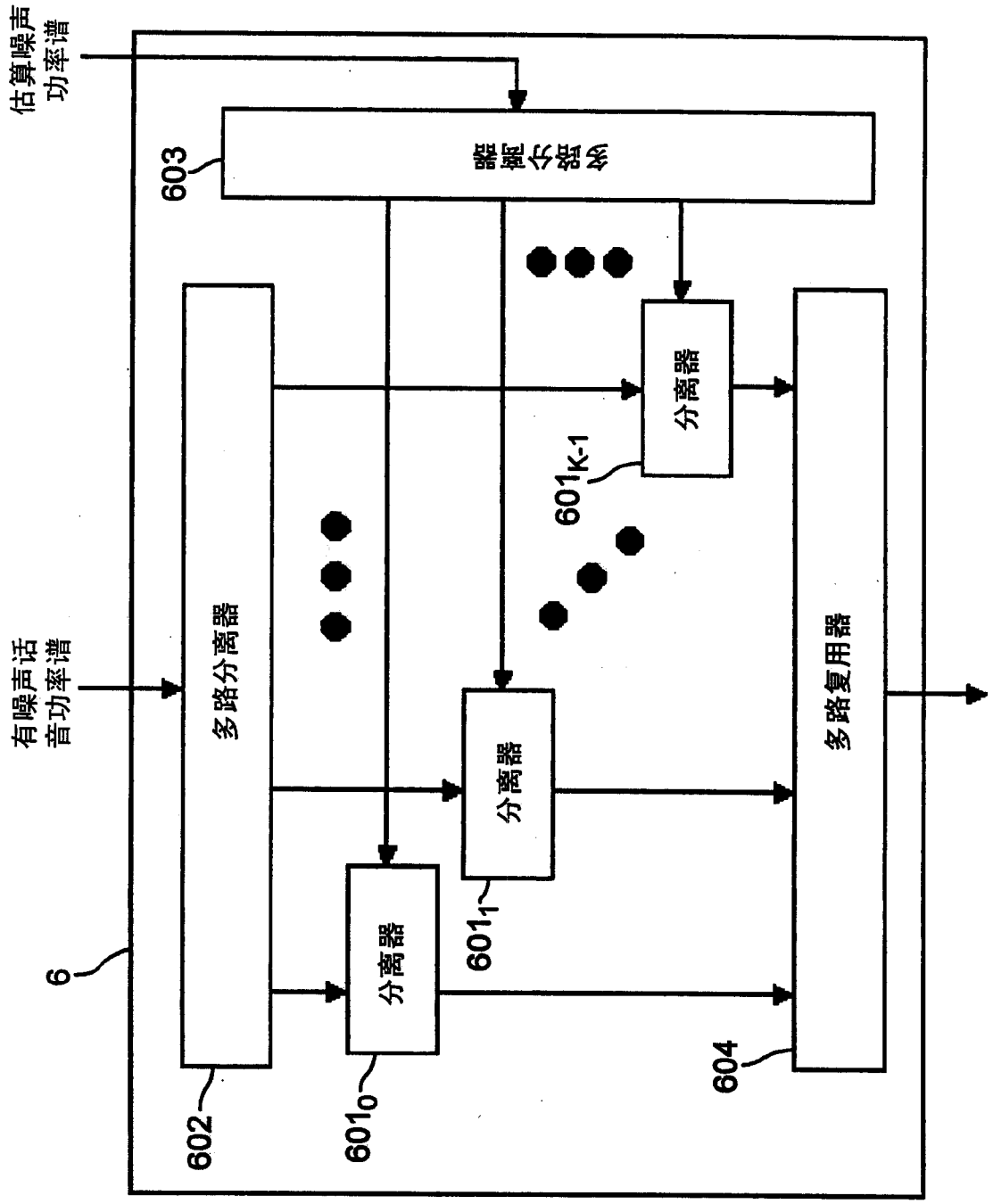

估算噪声
功率谱
603
多路分离器
分离器
601K-1
有噪声话
音功率谱
多路分离器
分离器
601₁
多路复用器
6
分离器
602
601₀
604

图 9

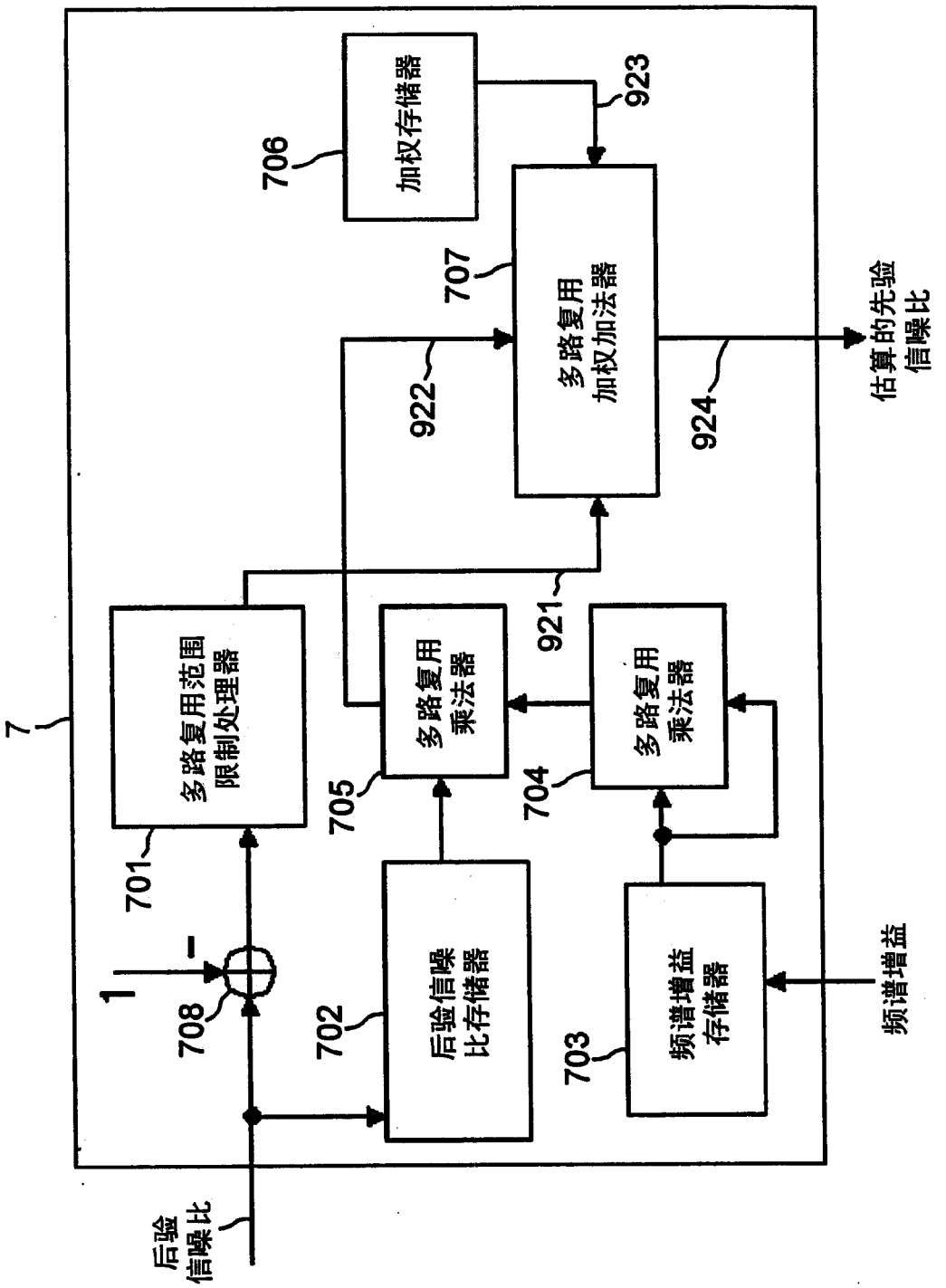

7
多路复用范围限制处理器
701
1
-
708
后验信噪比
后验信噪比存储器
702
频谱增益存储器
703
频谱增益
多路复用乘法器
705
多路复用乘法器
704
921
加权存储器
706
923
多路复用加权加法器
707
922
924
估算的先验信噪比

图 10

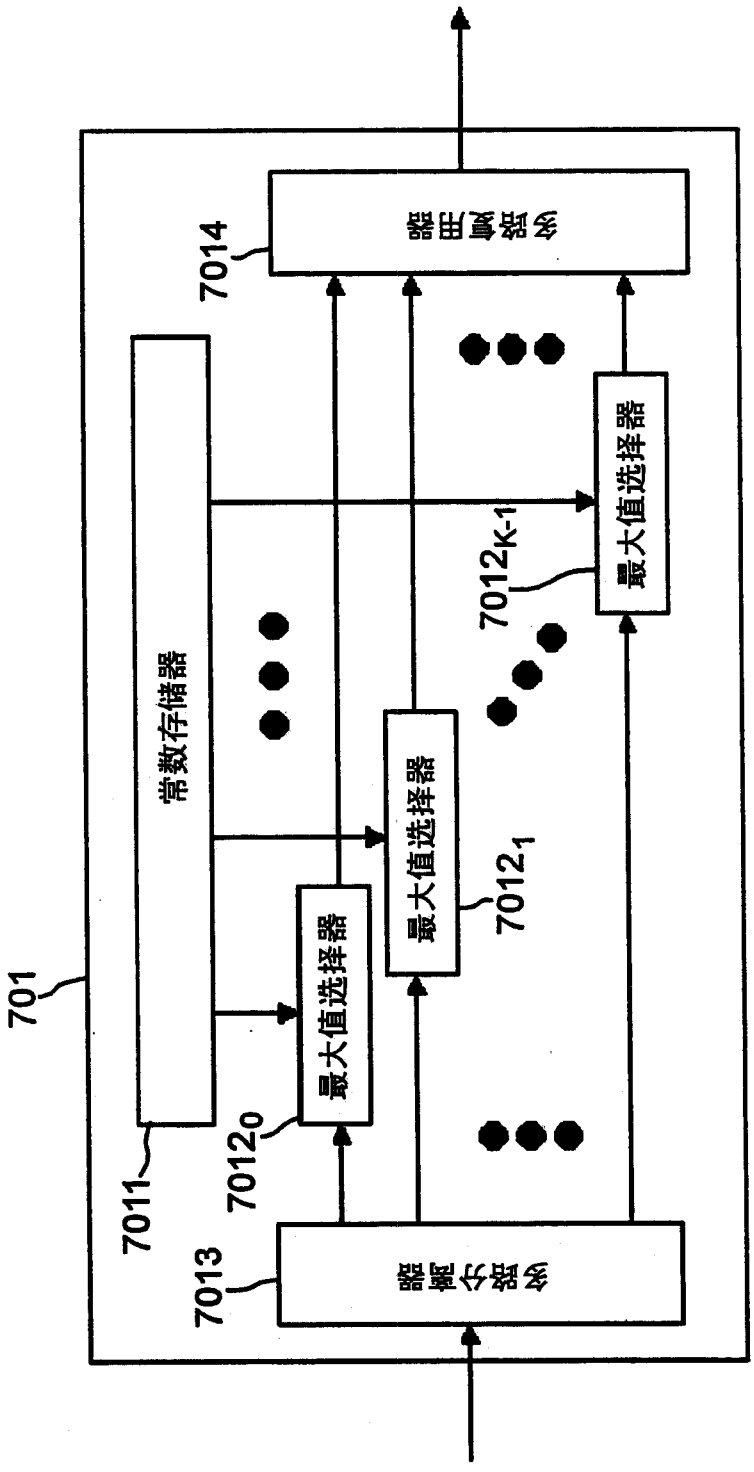

701
7011
常数存储器
7012₀
最大值选择器
7012₁
最大值选择器
7012K-1
最大值选择器
7013
多路分离器
7014
多路复用器

图 11

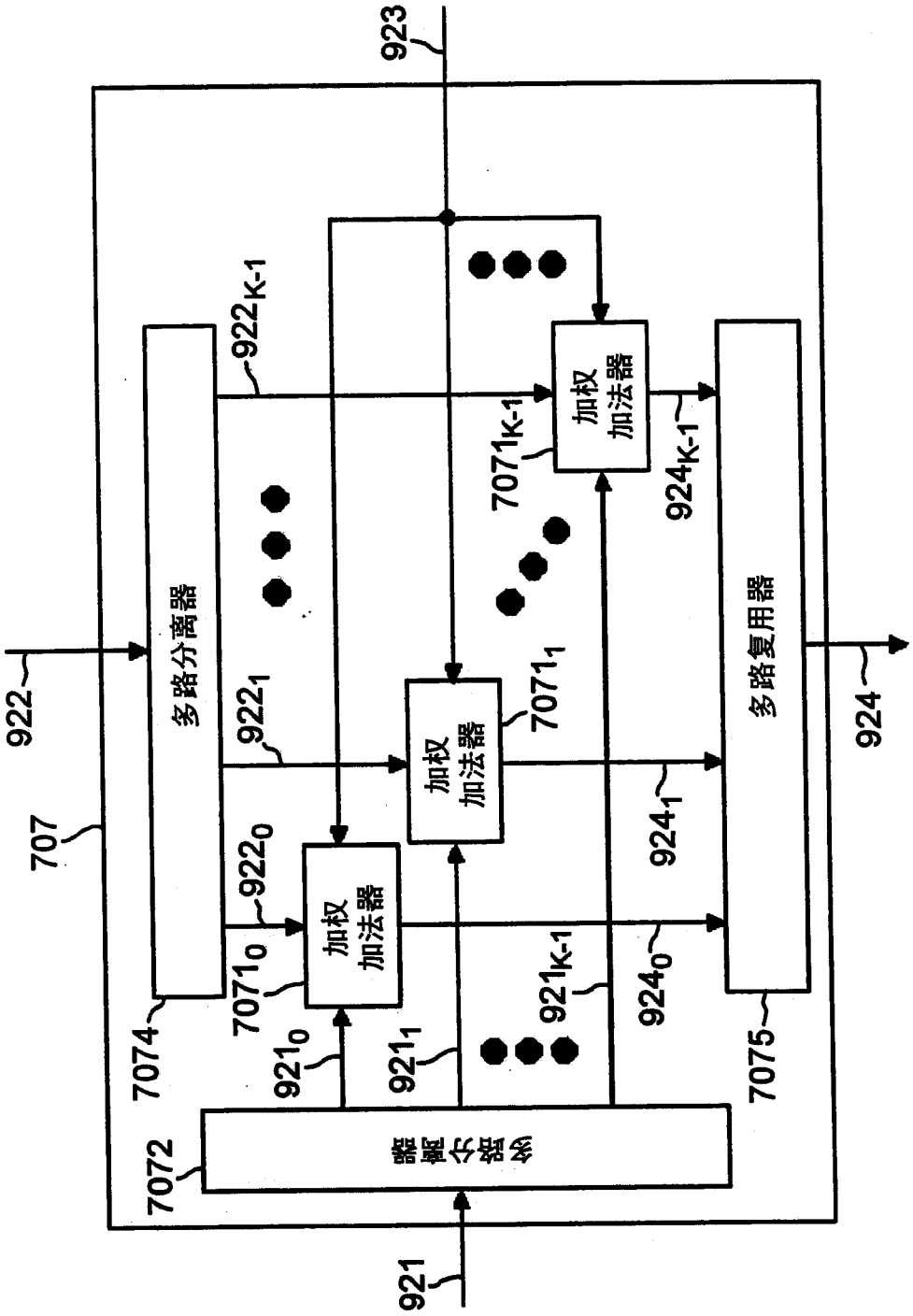

923
922
707
多路分离器
922_{K-1}
922_1
922_0
加权加法器
7071_{K-1}
7071_1
7071_0
924_{K-1}
924_1
924_0
多路复用器
924
7074
7075
921_{K-1}
921_0
921_1
7072
多路分离器
921

图 12

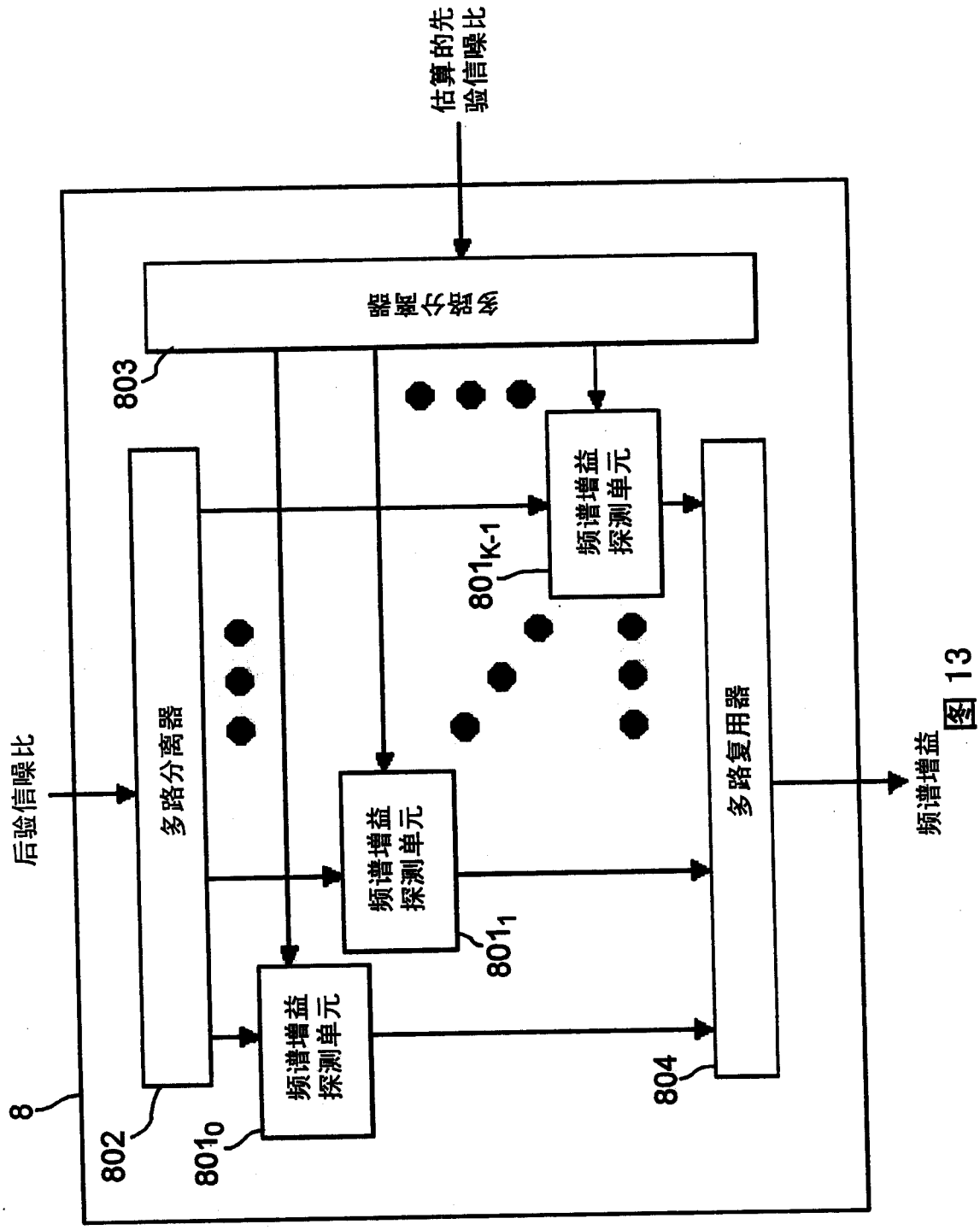

估算的先验信噪比
多路分离器
803
后验信噪比
多路分离器
频谱增益探测单元
频谱增益探测单元
频谱增益探测单元
801_{K-1}
801_1
801_0
802
8
804
多路复用器
频谱增益

图 13

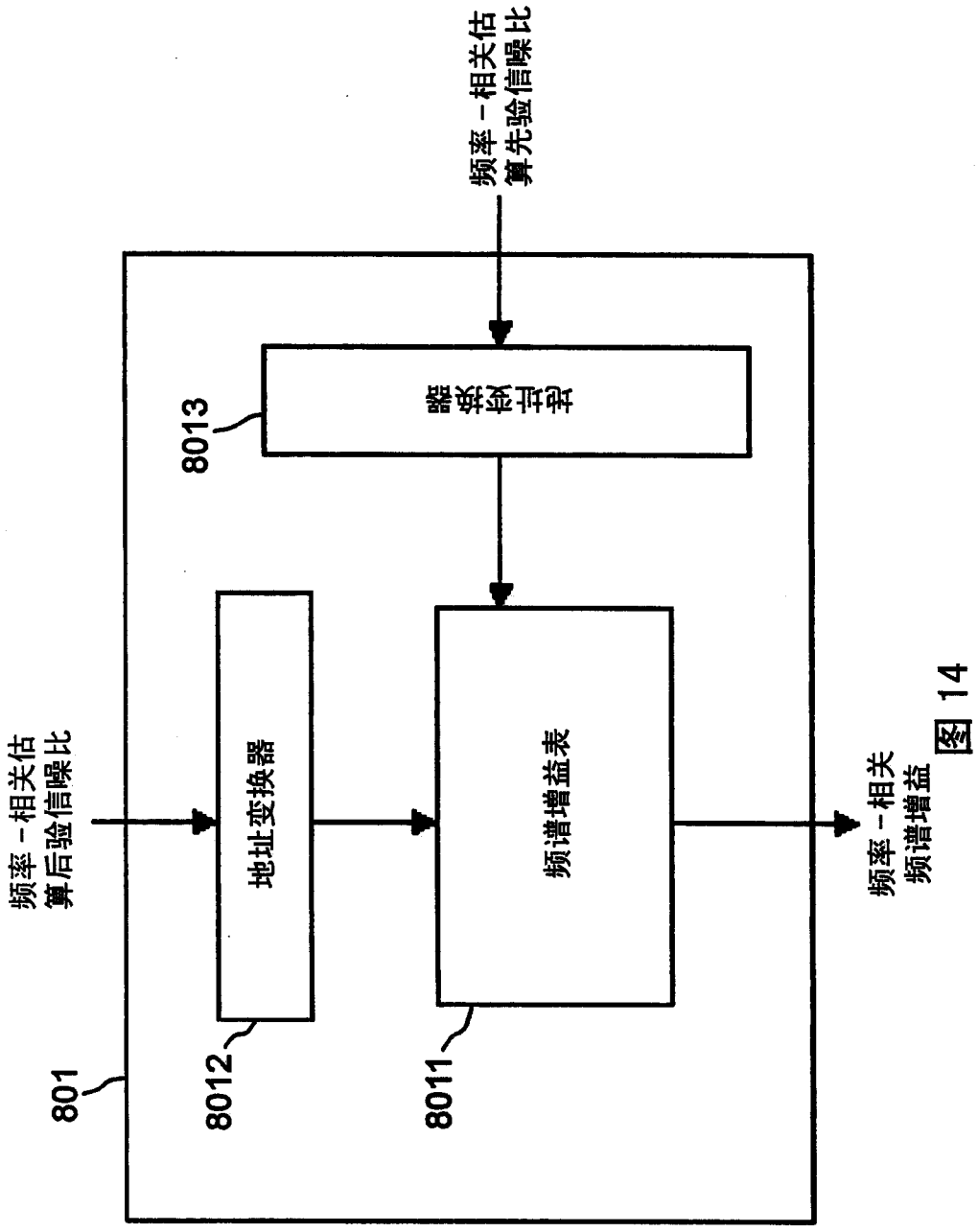

频率－相关估
算先验信噪比
地址转换器
8013
频率－相关估
算后验信噪比
地址变换器
频谱增益表
频率－相关
频谱增益
8012
8011
801

图 14

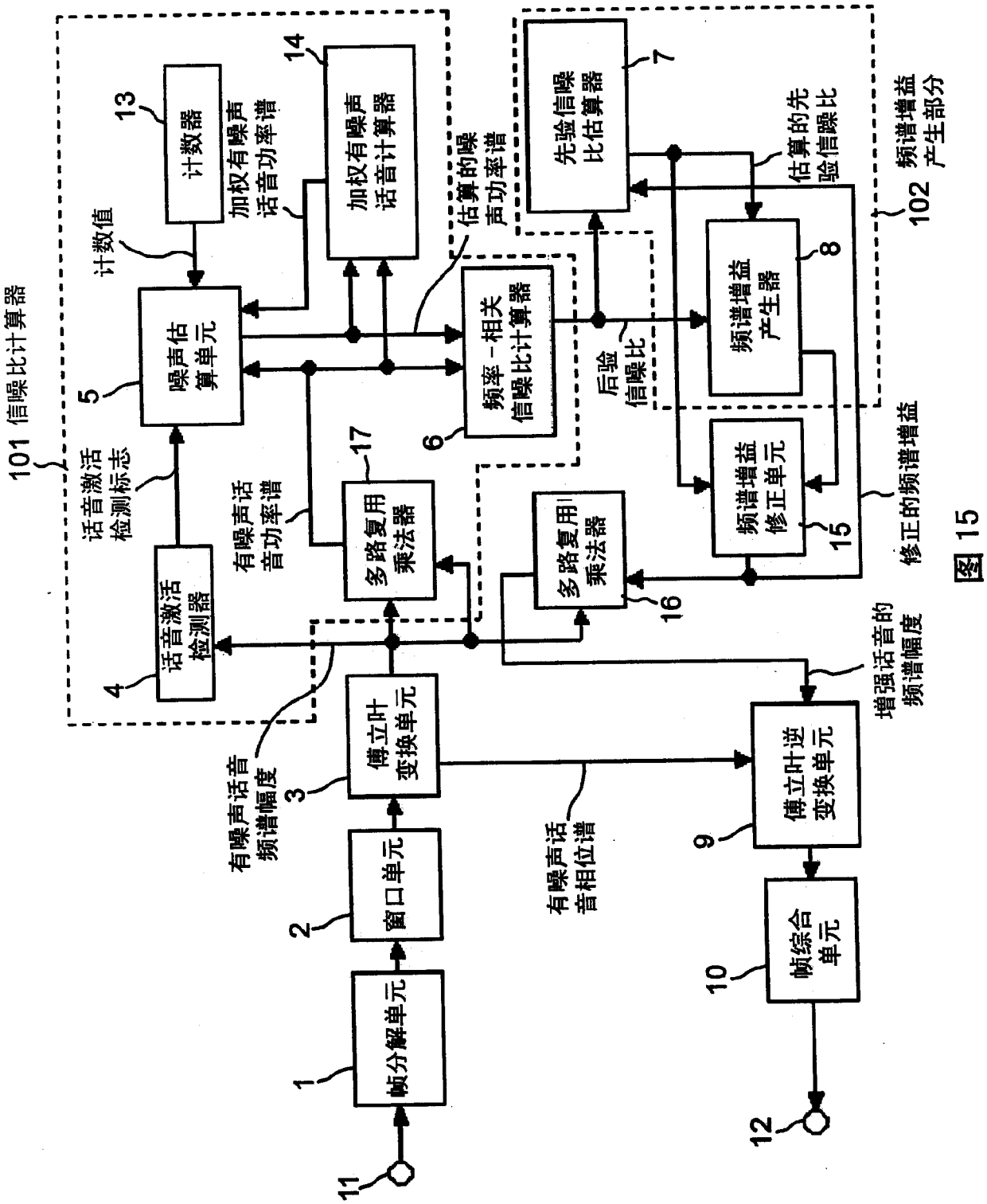

101 信噪比计算器
帧分解单元
窗口单元
傅立叶变换单元
有噪声话音频谱幅度
有噪声话音相位谱
傅立叶逆变换单元
帧综合单元
话音激活检测器
话音激活检测标志
噪声估算单元
计数值
计数器
加权有噪声话音功率谱
加权有噪声话音计算器
估算的噪声功率谱
频率-相关信噪比计算器
后验信噪比
先验信噪比估算器
估算的先验信噪比
频谱增益产生器
频谱增益产生部分
102
有噪声话音功率谱
多路复用乘法器
频谱增益修正单元
修正的频谱增益
多路复用乘法器
增强话音的频谱幅度
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

图 15

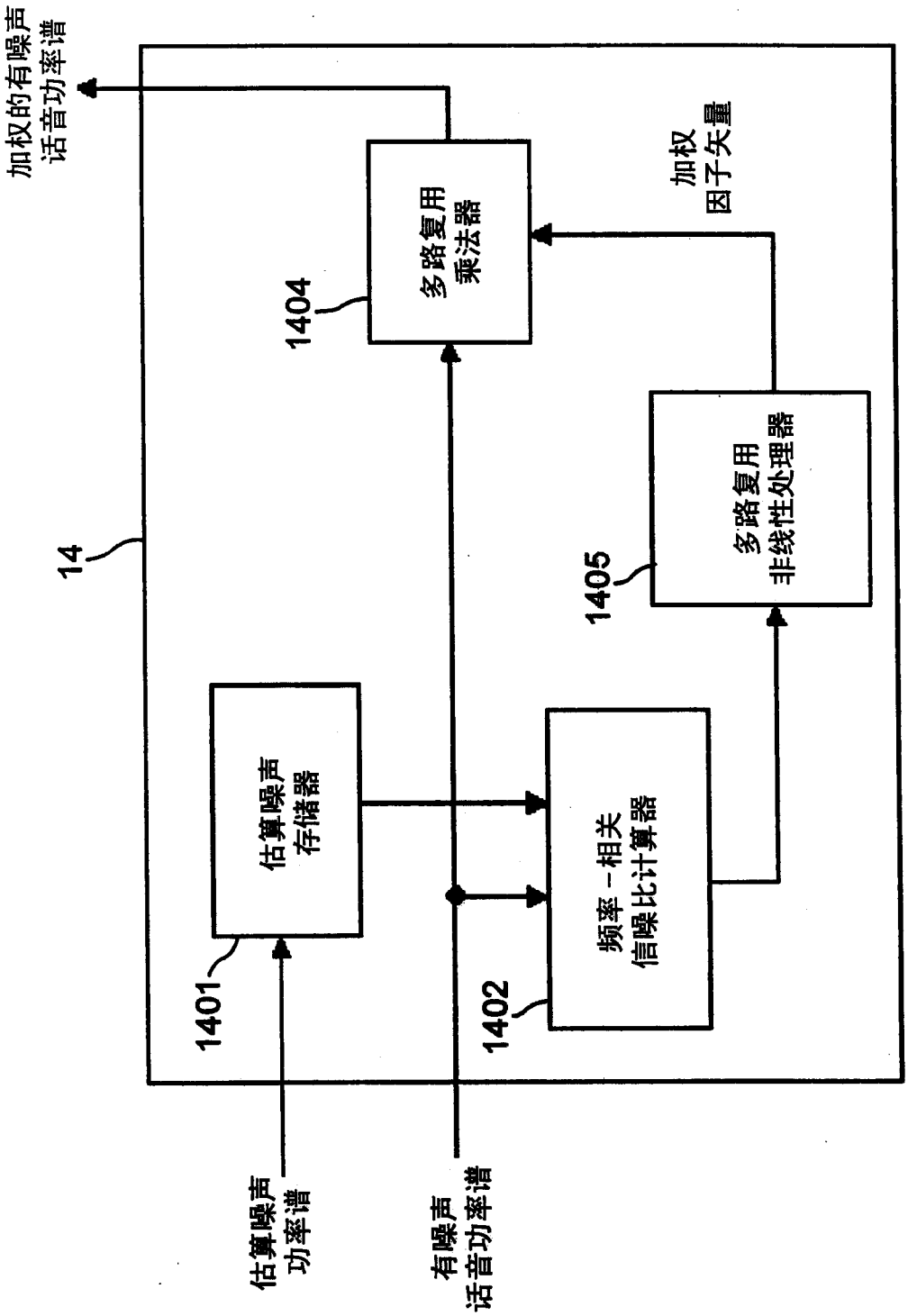

加权的有噪声
话音功率谱
14
多路复用
乘法器
1404
加权
因子矢量
多路复用
非线性处理器
1405
估算噪声
存储器
1401
频率－相关
信噪比计算器
1402
估算噪声
功率谱
有噪声
话音功率谱

图 16

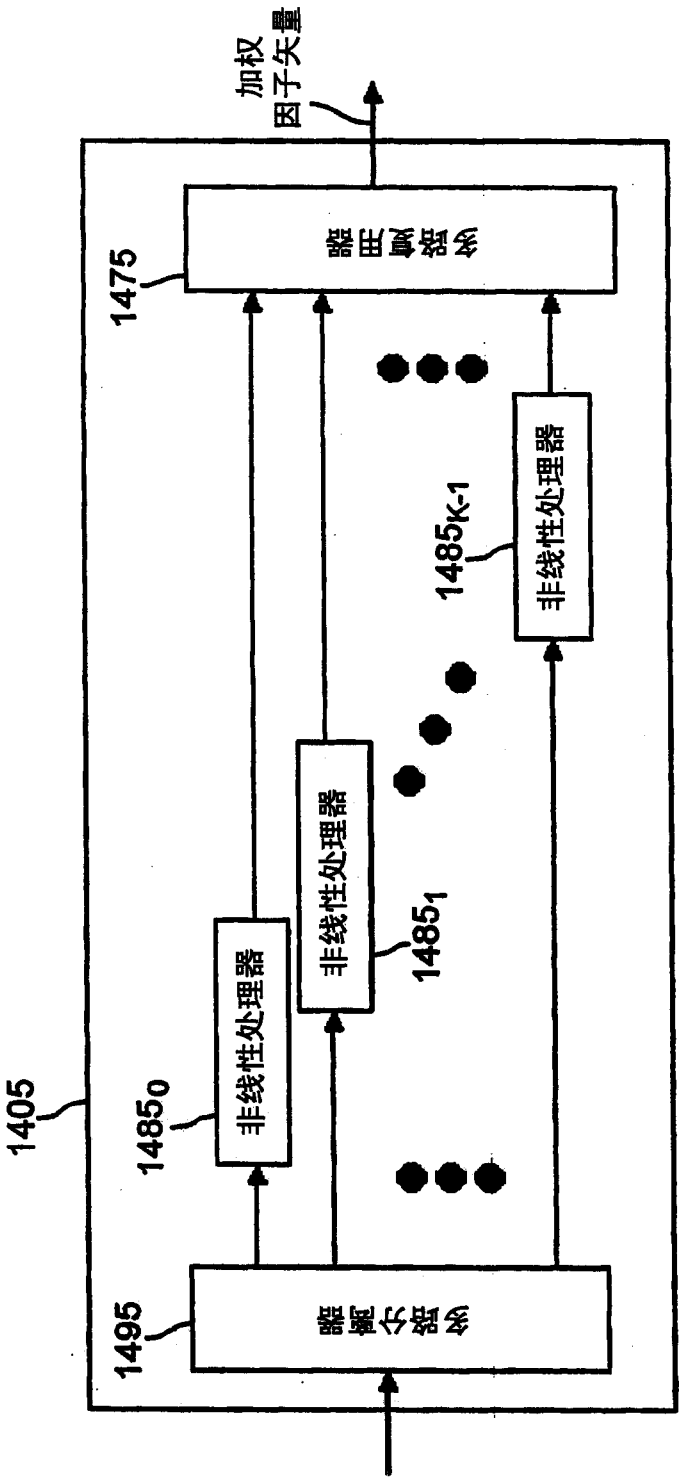

加权因子矢量
1475
多路复用器
1485K-1
非线性处理器
1485 1
非线性处理器
1485 0
非线性处理器
1405
1495
多路分离器

图 17

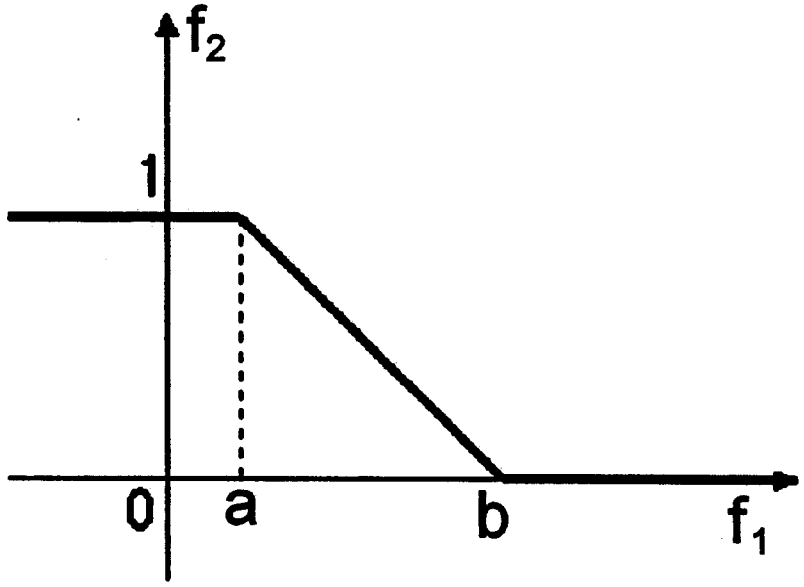


图 18

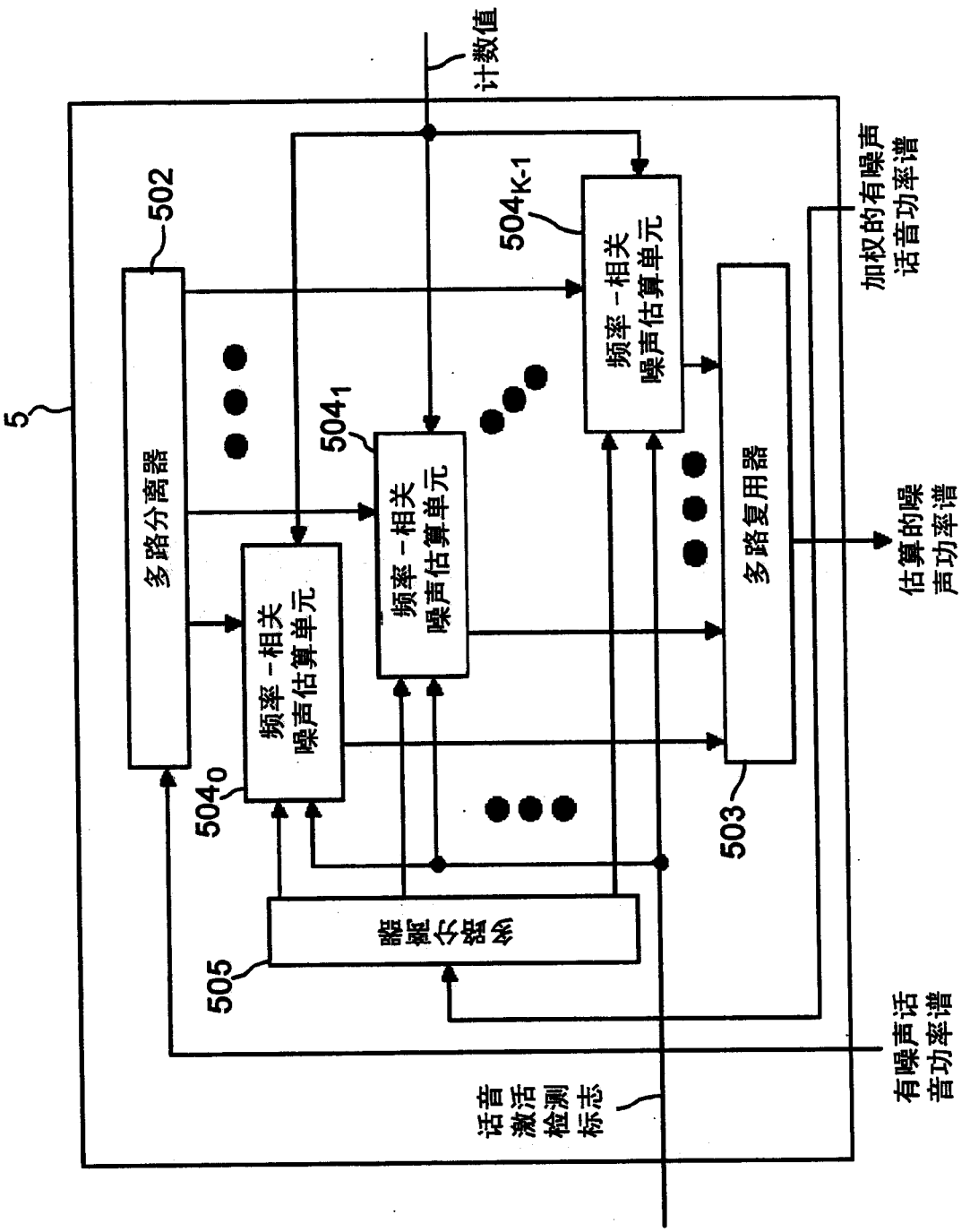

5
计数值
502
多路分离器
504_0
频率－相关噪声估算单元
504_1
频率－相关噪声估算单元
504_{K-1}
频率－相关噪声估算单元
505
503
多路复用器
加权的有噪声话音功率谱
估算的噪声功率谱
有噪声话音功率谱
话音激活检测标志

图 19

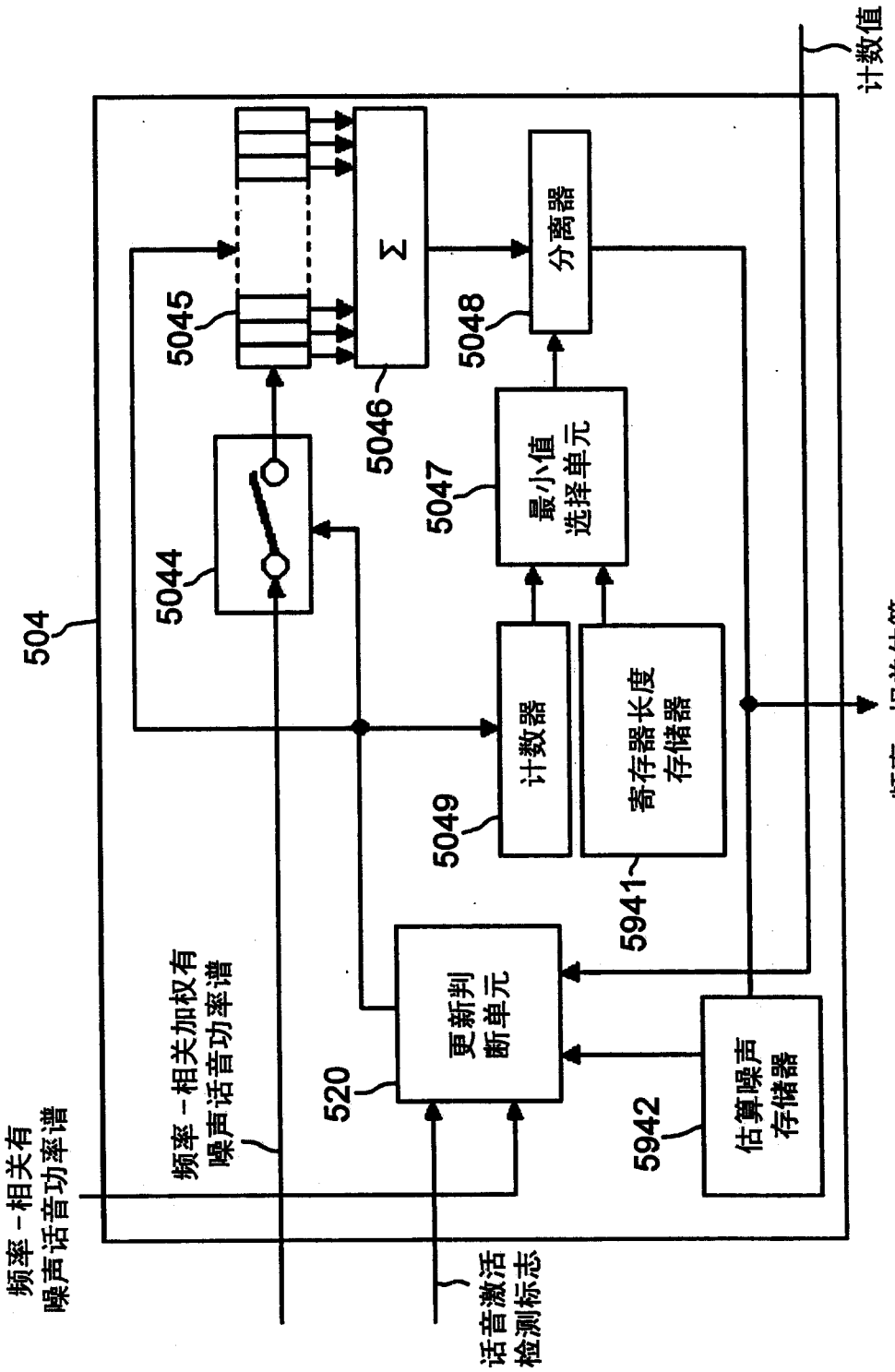

504
5044
5045
5046
Σ
5047
最小值
选择单元
5048
分离器
计数值
5049
计数器
寄存器长度
存储器
5941
520
更新判
断单元
5942
估算噪声
存储器
频率－相关有
噪声话音功率谱
频率－相关加权有
噪声话音功率谱
话音激活
检测标志
频率－相关估算
噪声功率谱

图 20

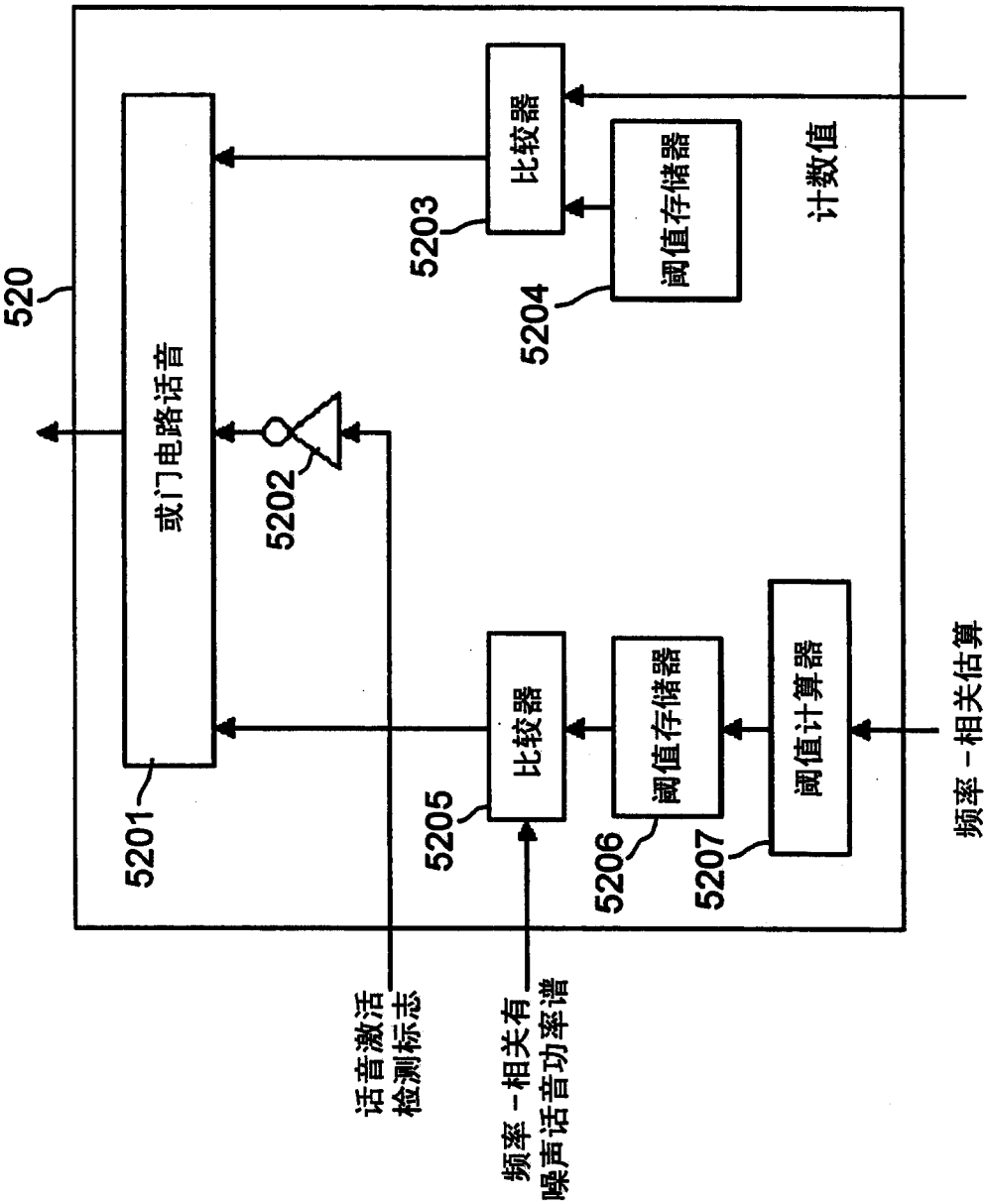

520
或门电路话音
5201
5202
5203
比较器
5204
阈值存储器
计数值
5205
比较器
5206
阈值存储器
5207
阈值计算器
话音激活
检测标志
频率－相关有
噪声话音功率谱
频率－相关估算
噪声功率谱

图 21

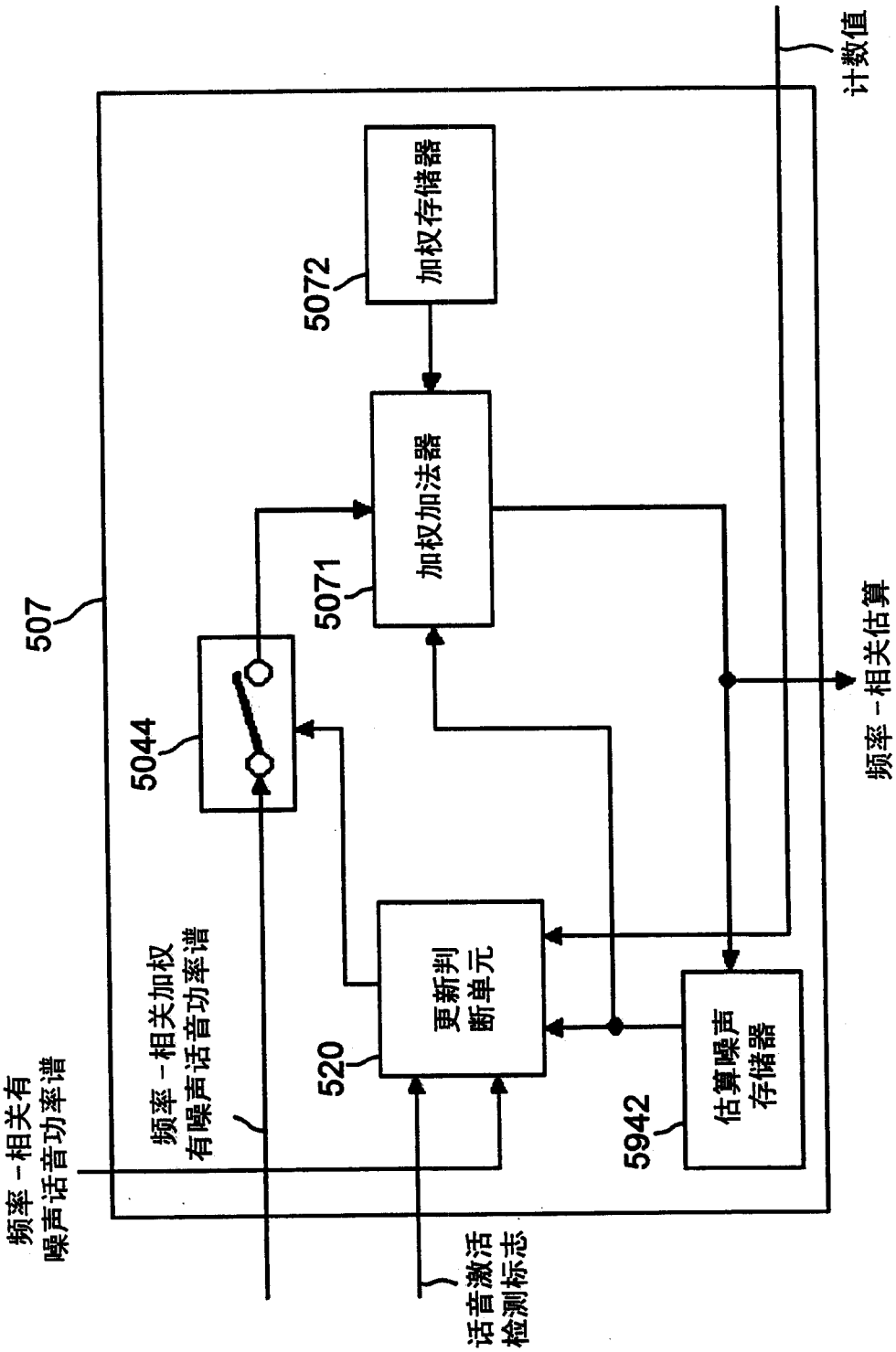

计数值
加权存储器
5072
加权加法器
5071
507
5044
频率－相关估算
噪声功率谱
频率－相关加权
有噪声话音功率谱
更新判
断单元
520
估算噪声
存储器
5942
频率－相关有
噪声话音功率谱
话音激活
检测标志

图 22

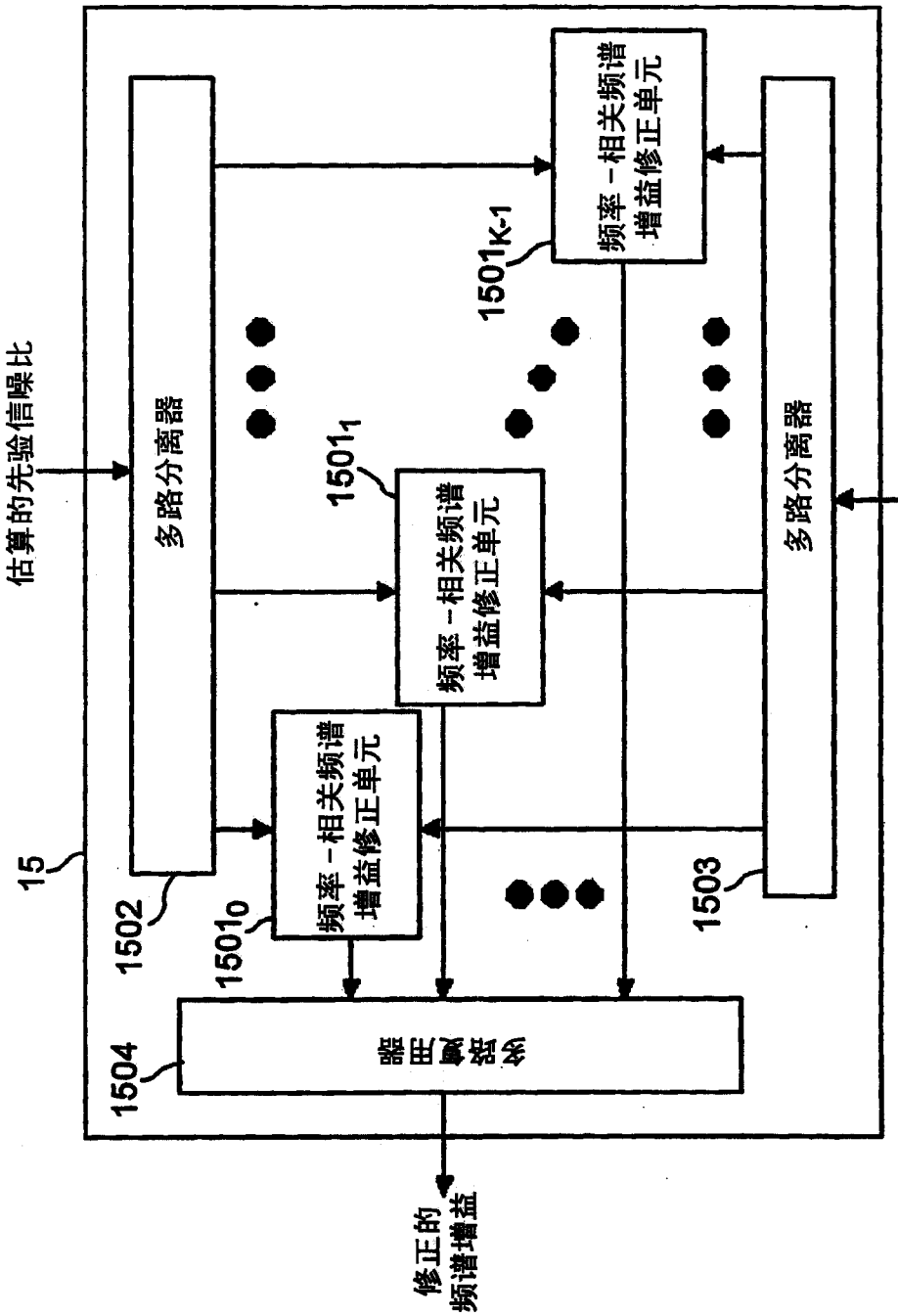

估算的先验信噪比
多路分离器
15
1502
1501$_0$
频率－相关频谱增益修正单元
1501$_1$
频率－相关频谱增益修正单元
1501$_{K-1}$
频率－相关频谱增益修正单元
多路分离器
1503
频谱增益
1504
修正的频谱增益

图 23

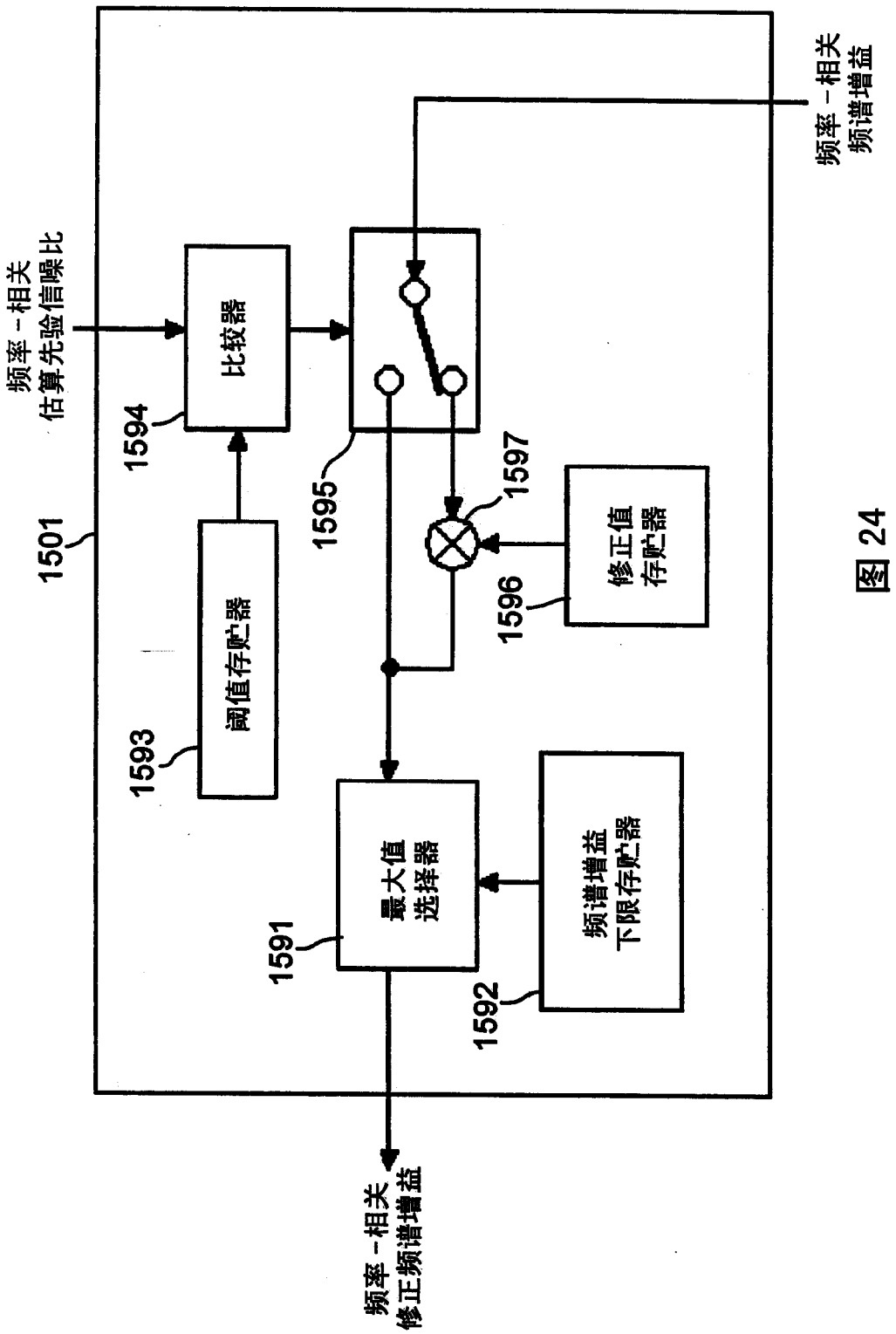

频率－相关
估算先验信噪比
频率－相关
频谱增益
1501
比较器
1594
1595
1597
修正值
存贮器
1596
阈值存贮器
1593
最大值
选择器
1591
频谱增益
下限存贮器
1592
频率－相关
修正频谱增益

图 24

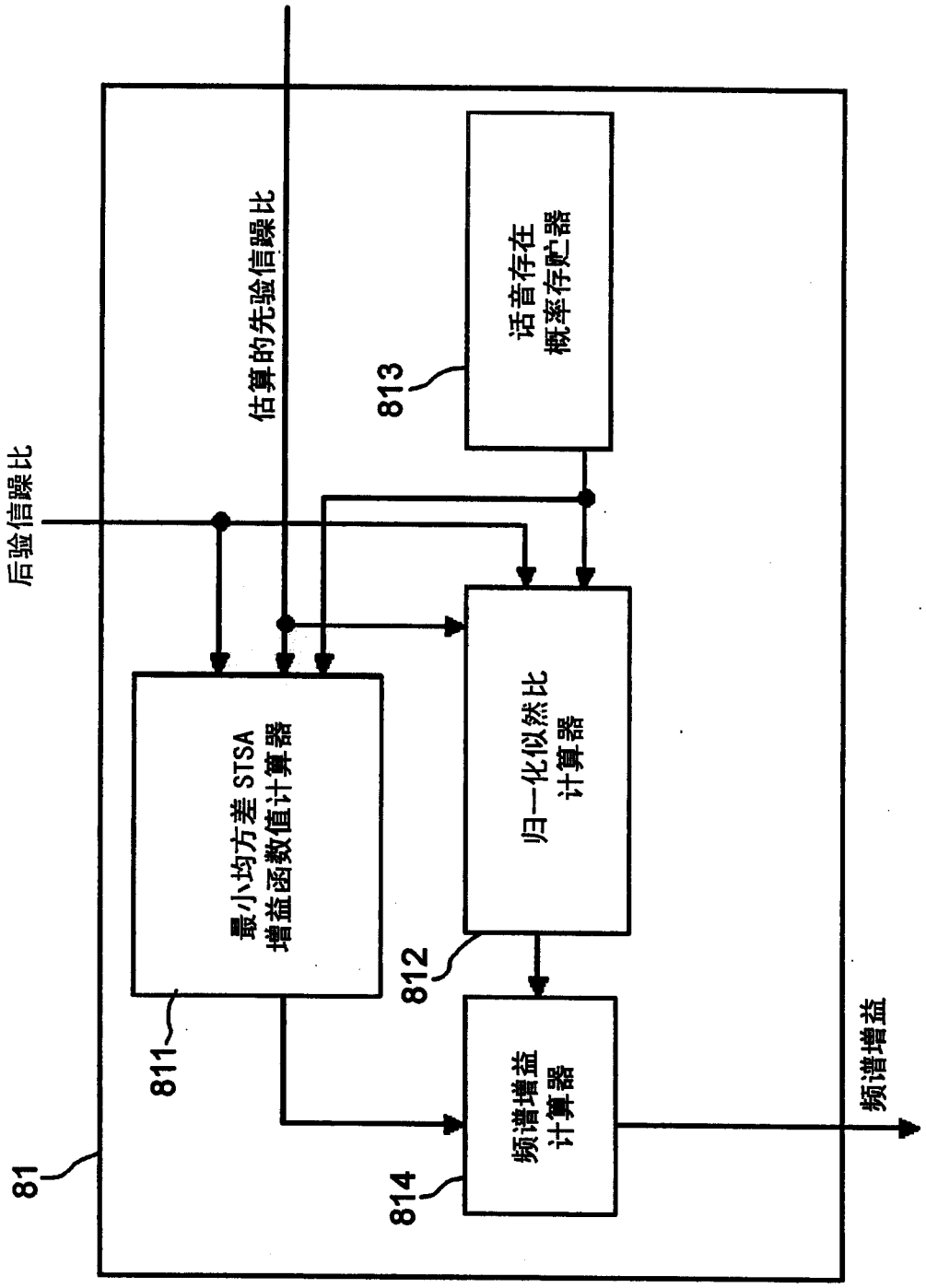

后验信躁比
估算的先验信躁比
813
话音存在
概率存贮器
最小均方差 STSA
增益函数值计算器
归一化似然比
计算器
811
812
频谱增益
计算器
814
81
频谱增益

图 25

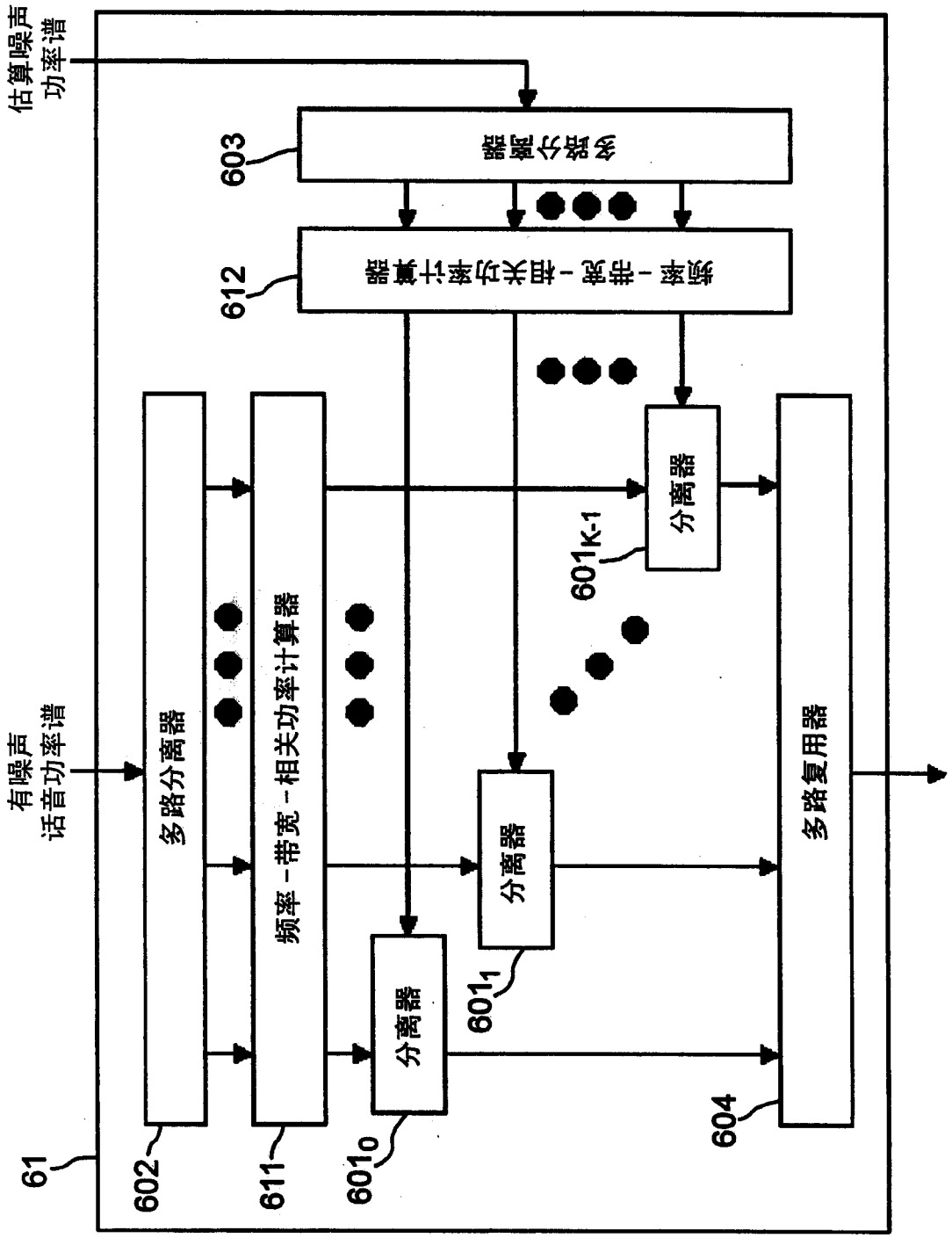

估算噪声
功率谱
603
多路分离器
612
频率－带宽－相关功率计算器
分离器
601K-1
分离器
601 1
分离器
601 0
有噪声
话音功率谱
多路分离器
602
频率－带宽－相关功率计算器
611
多路复用器
604
61

图 26

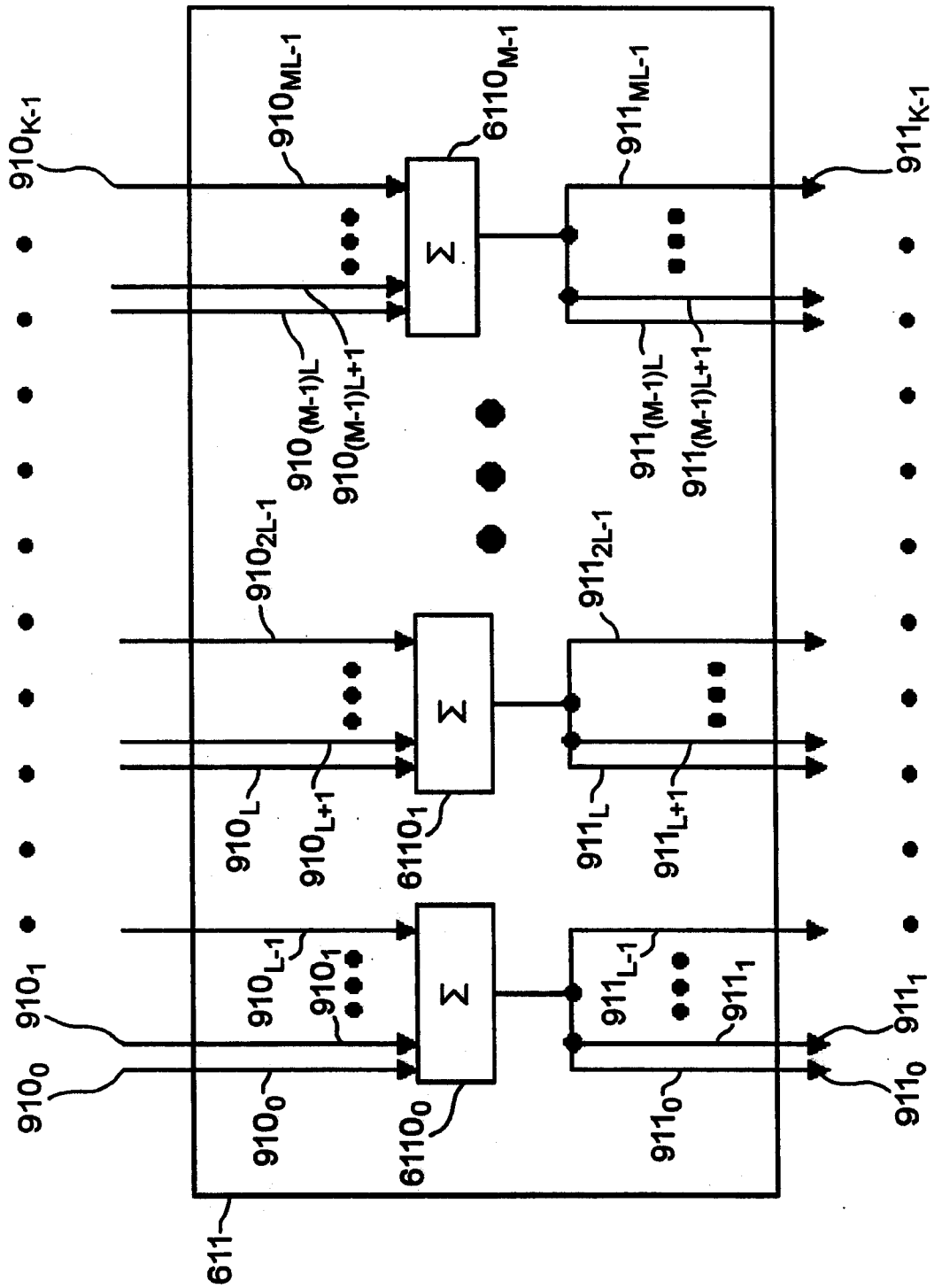

910K-1
910ML-1
6110M-1
911ML-1
911K-1
910(M-1)L
910(M-1)L+1
911(M-1)L
911(M-1)L+1
910 2L-1
911 2L-1
910L
910L+1
6110 1
911L
911L+1
910L-1
910 1
911L-1
911 1
910 1
910 0
910 0
6110 0
911 0
911 1
911 0
611
Σ
Σ
Σ

图 27

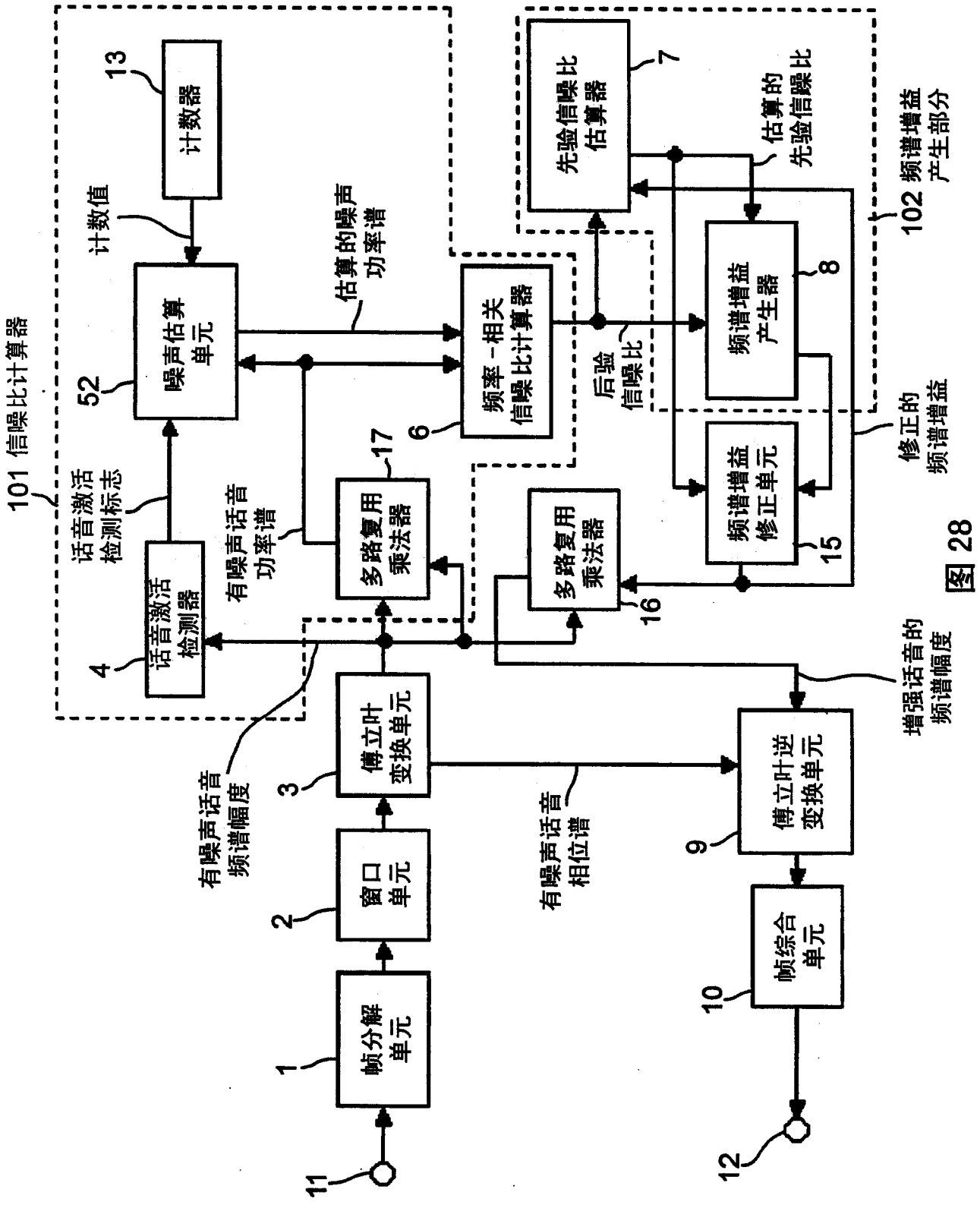

101 信噪比计算器
帧分解单元
窗口单元
傅立叶变换单元
有噪声话音频谱幅度
有噪声话音相位谱
傅立叶逆变换单元
帧综合单元
话音激活检测器
话音激活检测标志
噪声估算单元
计数值
计数器
有噪声话音功率谱
多路复用乘法器
多路复用乘法器
估算的噪声功率谱
频率-相关信噪比计算器
后验信噪比
先验信噪比估算器
估算的先验信噪比
频谱增益产生器
频谱增益修正单元
修正的频谱增益
增强话音的频谱幅度
102 频谱增益产生部分
1
2
3
4
52
6
7
8
9
10
11
12
15
16
17

图 28

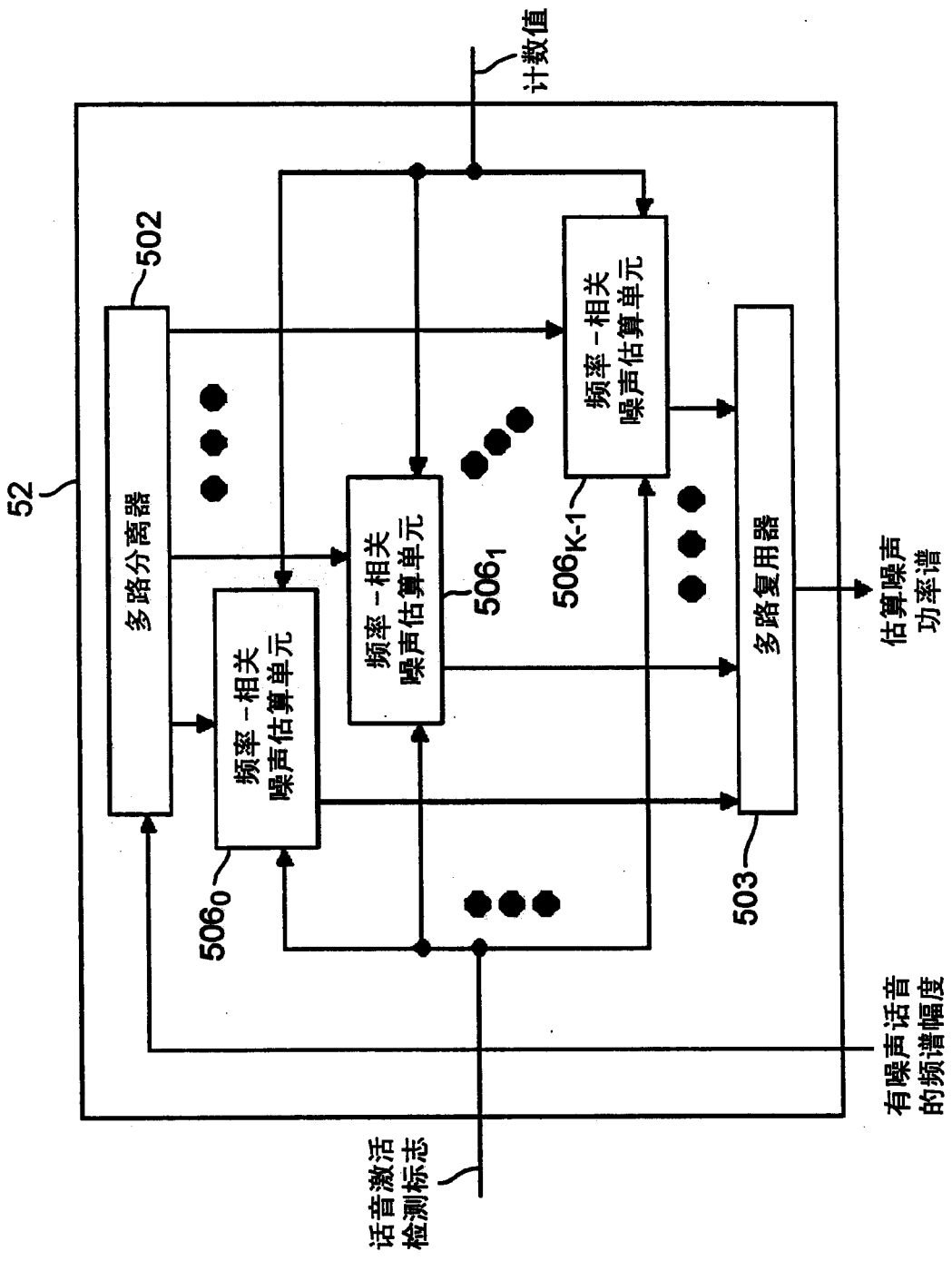

52
多路分离器
502
频率－相关
噪声估算单元
506_0
频率－相关
噪声估算单元
506_1
频率－相关
噪声估算单元
506_{K-1}
多路复用器
503
计数值
话音激活
检测标志
有噪声话音
的频谱幅度
估算噪声
功率谱

图 29

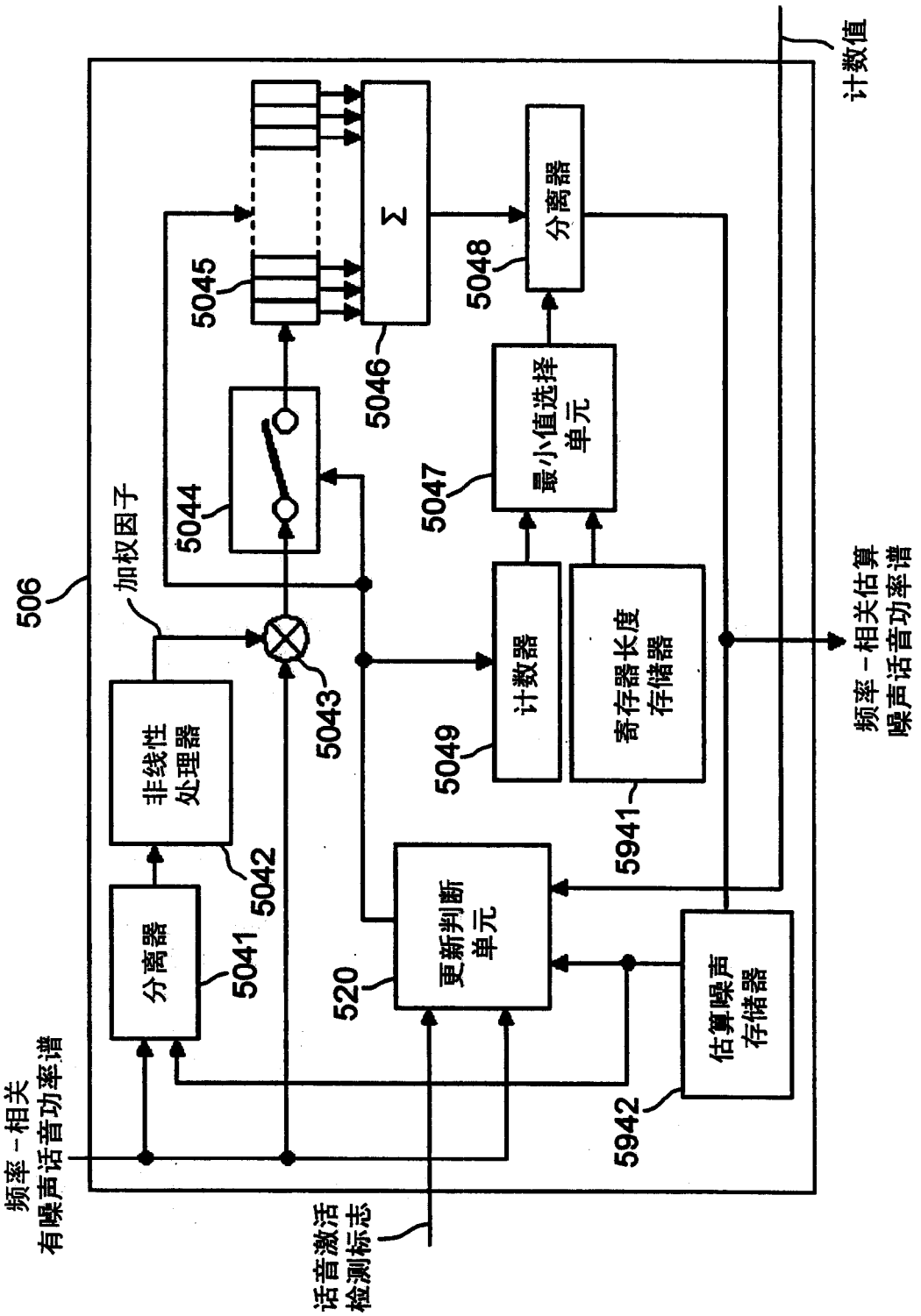

506
加权因子
频率－相关
有噪声话音功率谱
话音激活
检测标志
分离器
5041
非线性
处理器
5042
5043
5044
5045
Σ
5046
分离器
5048
最小值选择
单元
5047
计数器
5049
寄存器长度
存储器
5941
更新判断
单元
520
估算噪声
存储器
5942
计数值
频率－相关估算
噪声话音功率谱

图 30

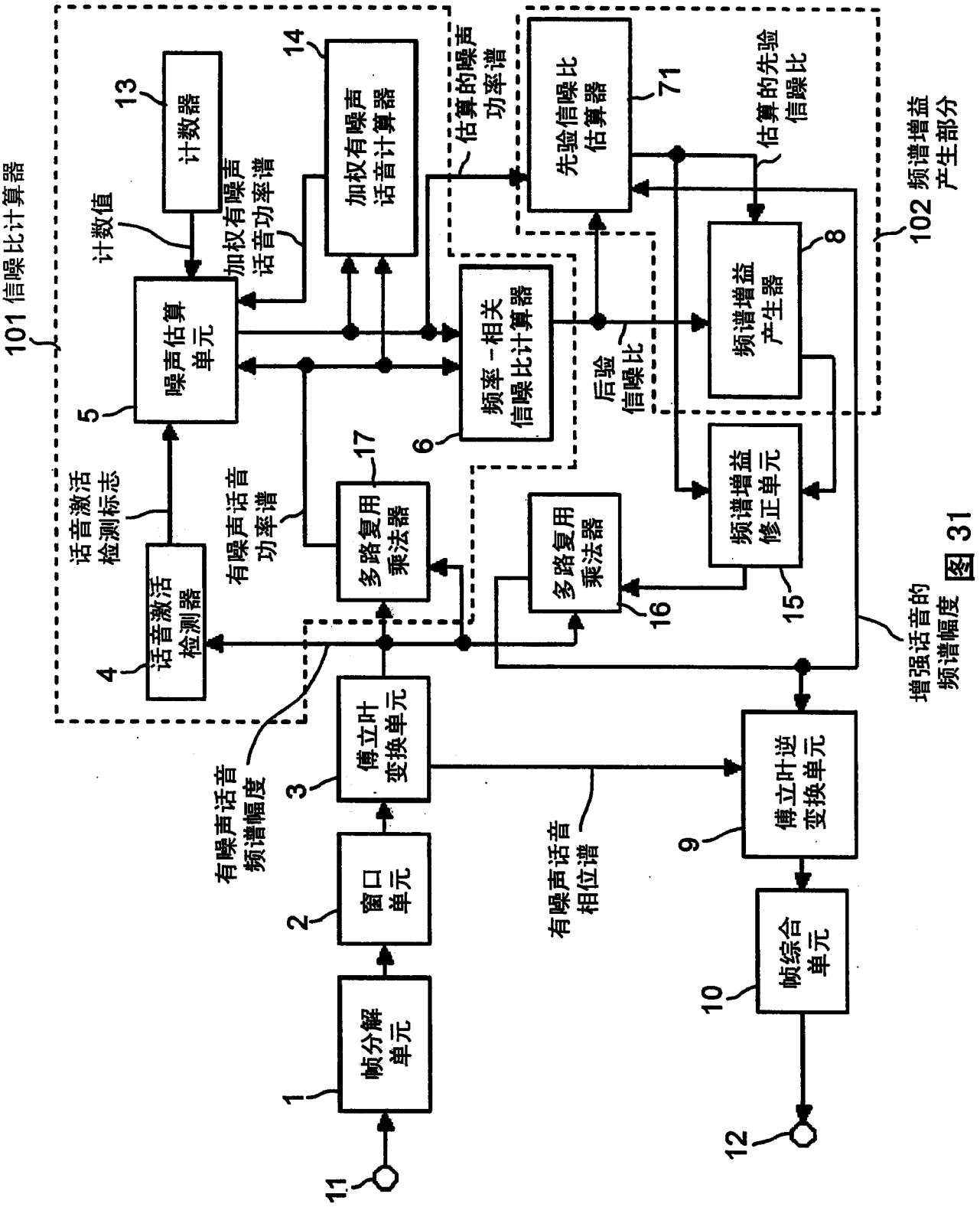

101 信噪比计算器
帧分解单元
1
窗口单元
2
傅立叶变换单元
3
话音激活检测器
4
噪声估算单元
5
频率－相关信噪比计算器
6
多路复用乘法器
16
多路复用乘法器
17
频谱增益修正单元
15
频谱增益产生器
8
先验信噪比估算器
71
加权有噪声话音计算器
14
计数器
13
傅立叶逆变换单元
9
帧综合单元
10
11
12
102 频谱增益产生部分
计数值
话音激活检测标志
加权有噪声话音功率谱
估算的噪声功率谱
后验信噪比
估算的先验信噪比
有噪声话音频谱幅度
有噪声话音功率谱
有噪声话音相位谱
增强话音的频谱幅度

图 31

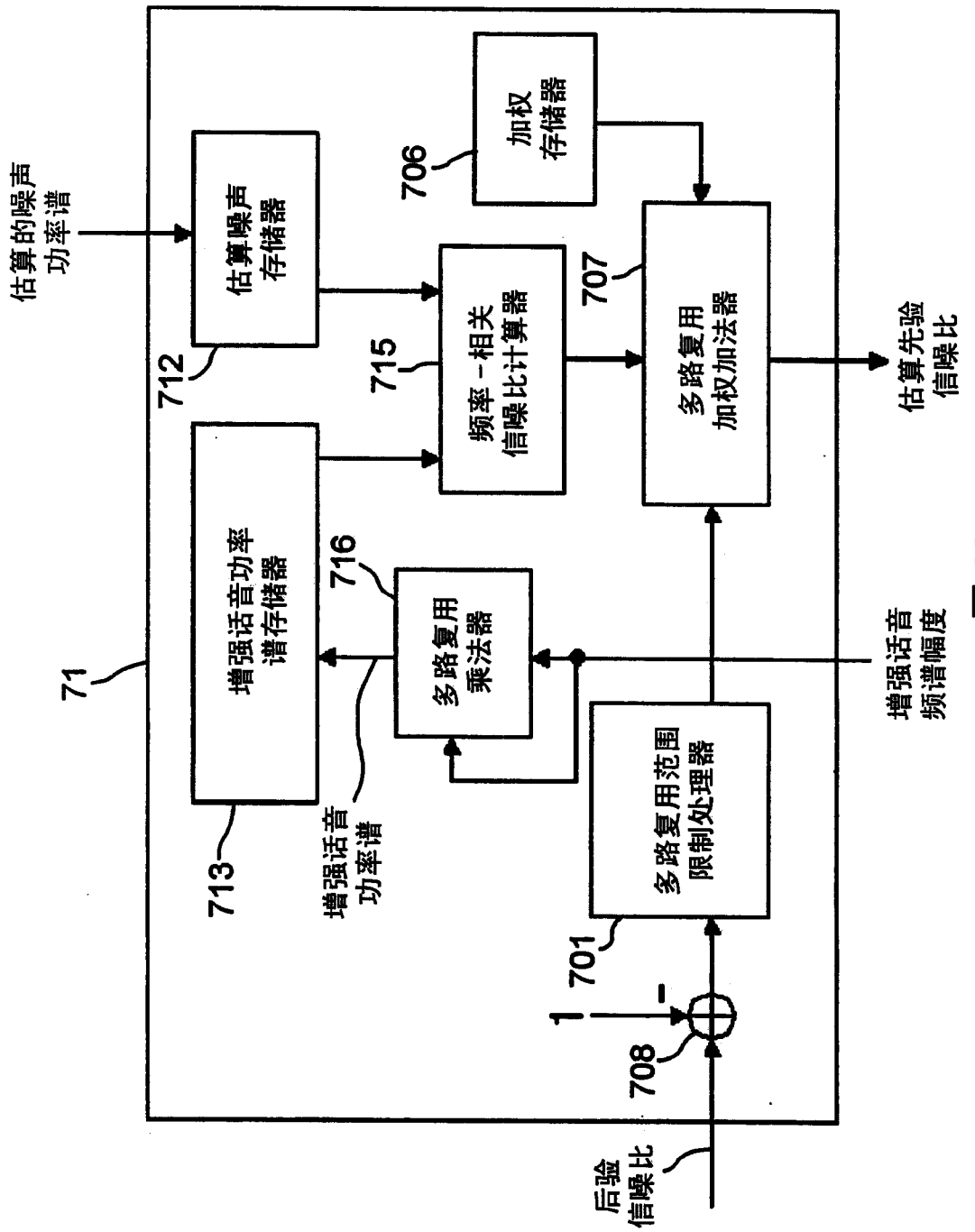

估算的噪声
功率谱
估算噪声
存储器
712
加权
存储器
706
频率－相关
信噪比计算器
715
707
多路复用
加权加法器
估算先验
信噪比
71
增强话音功率
谱存储器
713
716
多路复用
乘法器
增强话音
功率谱
增强话音
频谱幅度
多路复用范围
限制处理器
701
1
-
708
后验
信噪比

图 32

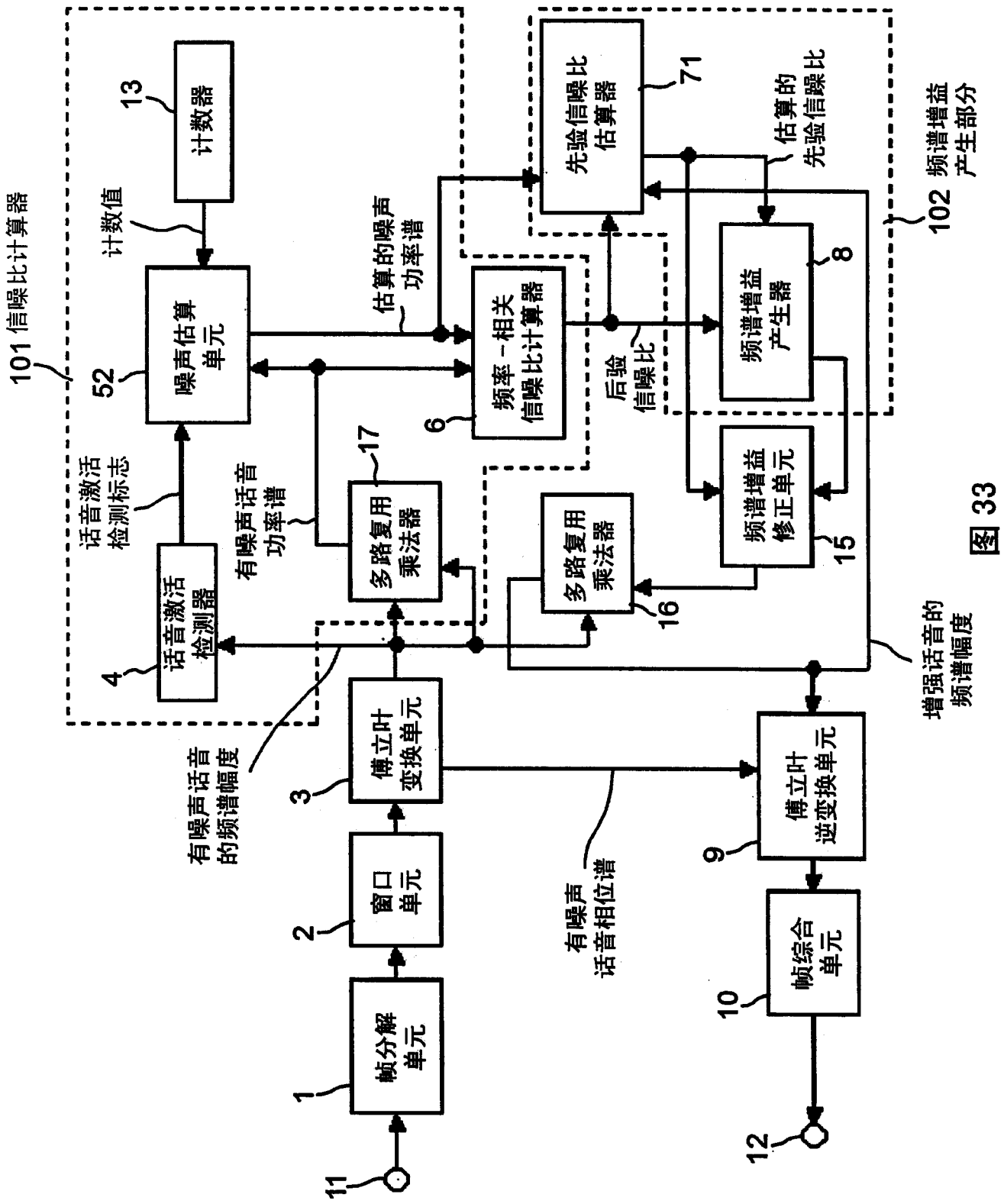

101 信噪比计算器
帧分解单元
1
窗口单元
2
傅立叶变换单元
3
话音激活检测器
4
话音激活检测标志
有噪声话音的频谱幅度
有噪声话音功率谱
多路复用乘法器
17
噪声估算单元
52
计数值
计数器
13
频率－相关信噪比计算器
6
估算的噪声功率谱
后验信噪比
先验信噪比估算器
71
估算的先验信噪比
频谱增益产生器
8
频谱增益修正单元
15
多路复用乘法器
16
102 频谱增益产生部分
增强话音的频谱幅度
有噪声话音相位谱
傅立叶逆变换单元
9
帧综合单元
10
11
12

图 33

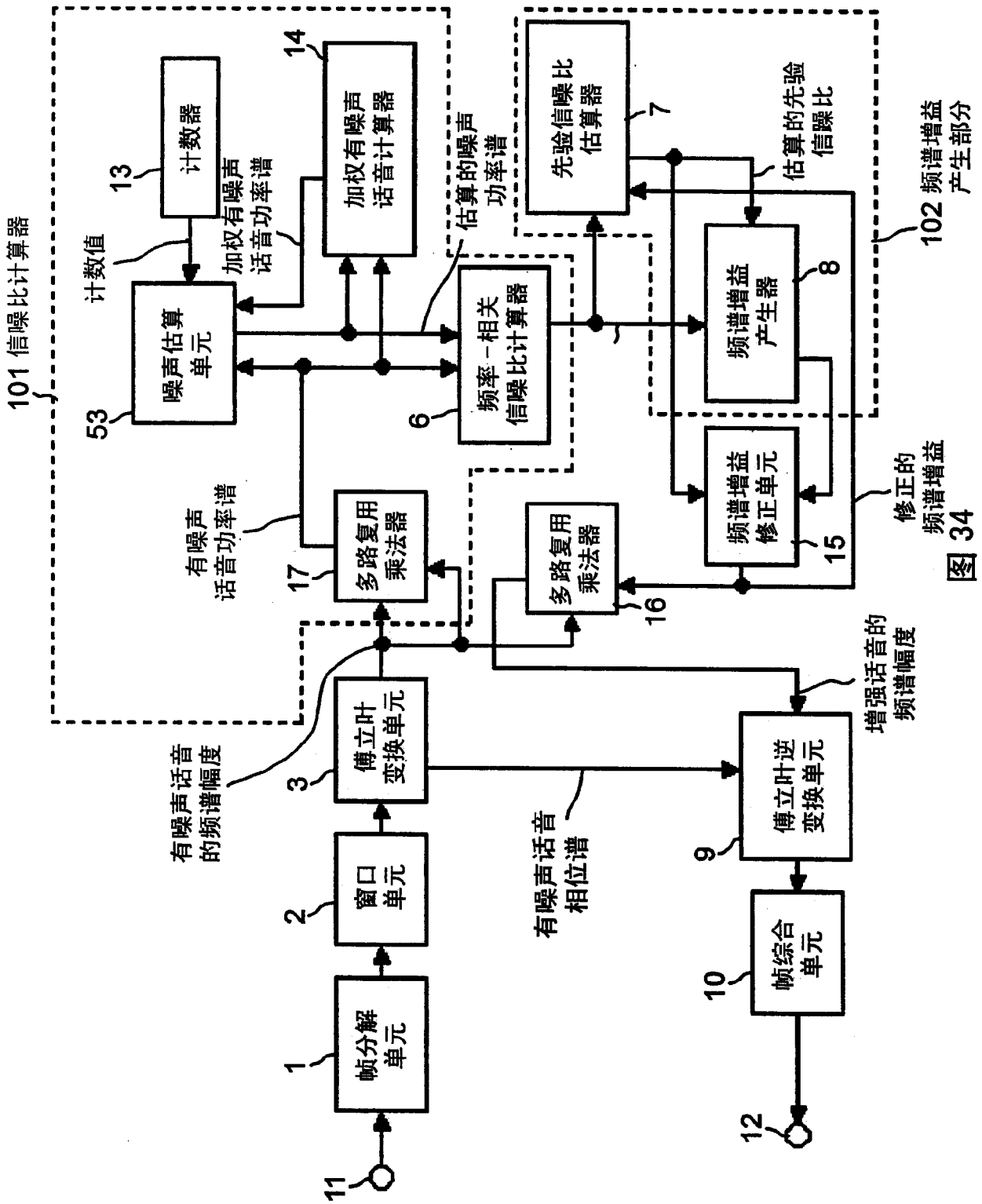

101 信噪比计算器
帧分解单元
1
窗口单元
2
傅立叶变换单元
3
噪声估算单元
53
计数器
13
计数值
加权有噪声话音计算器
14
加权有噪声话音功率谱
估算的噪声功率谱
频率-相关信噪比计算器
6
先验信噪比估算器
7
估算的先验信躁比
频谱增益产生器
8
102 频谱增益产生部分
傅立叶逆变换单元
9
帧综合单元
10
11
12
有噪声话音的频谱幅度
有噪声话音功率谱
多路复用乘法器
17
多路复用乘法器
16
频谱增益修正单元
15
修正的频谱增益
有噪声话音相位谱
增强话音的频谱幅度

图 34

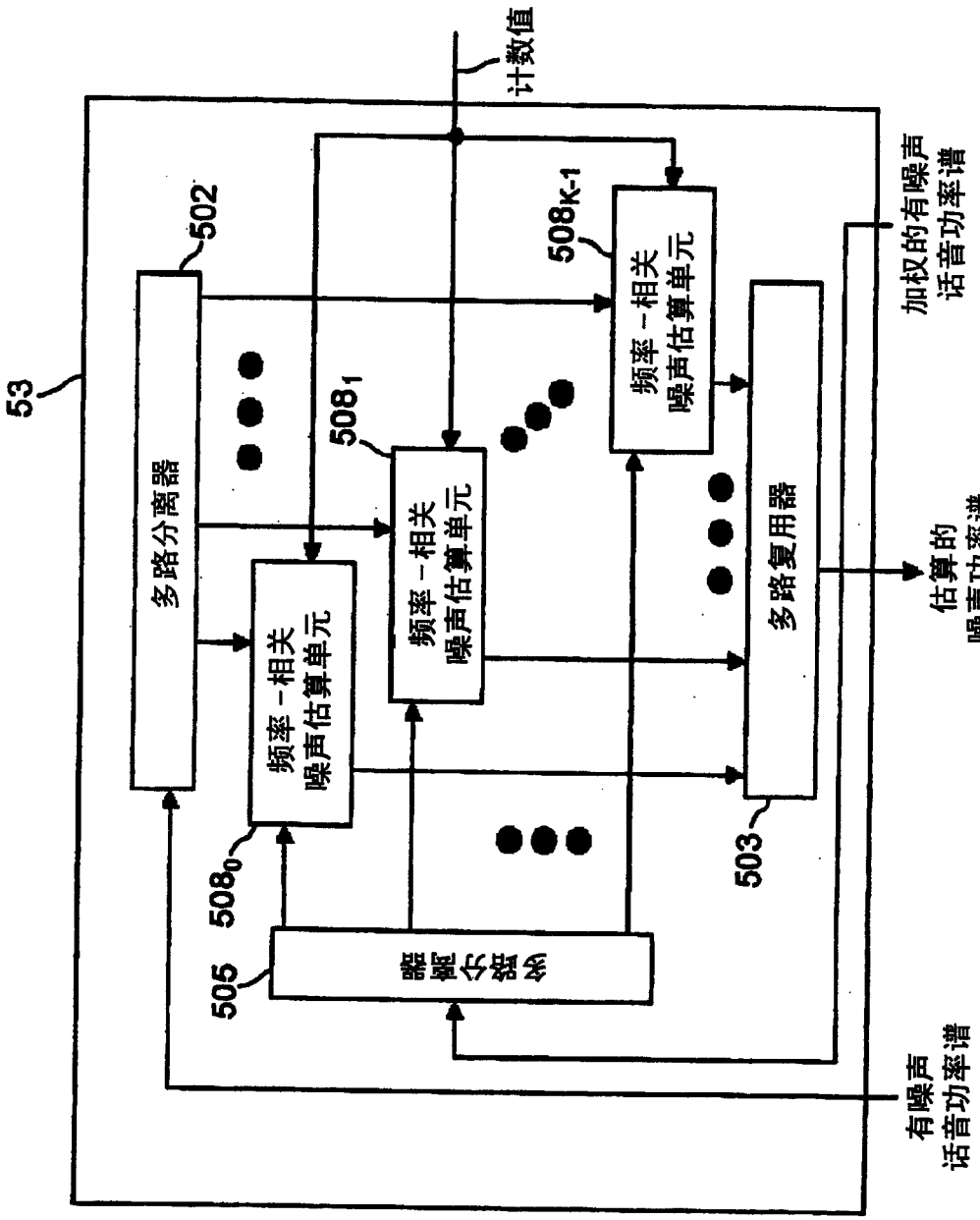

53
计数值
502
多路分离器
508_1
频率－相关
噪声估算单元
508_{K-1}
频率－相关
噪声估算单元
508_0
频率－相关
噪声估算单元
505
503
多路复用器
加权的有噪声
话音功率谱
估算的
噪声功率谱
有噪声
话音功率谱

图 35

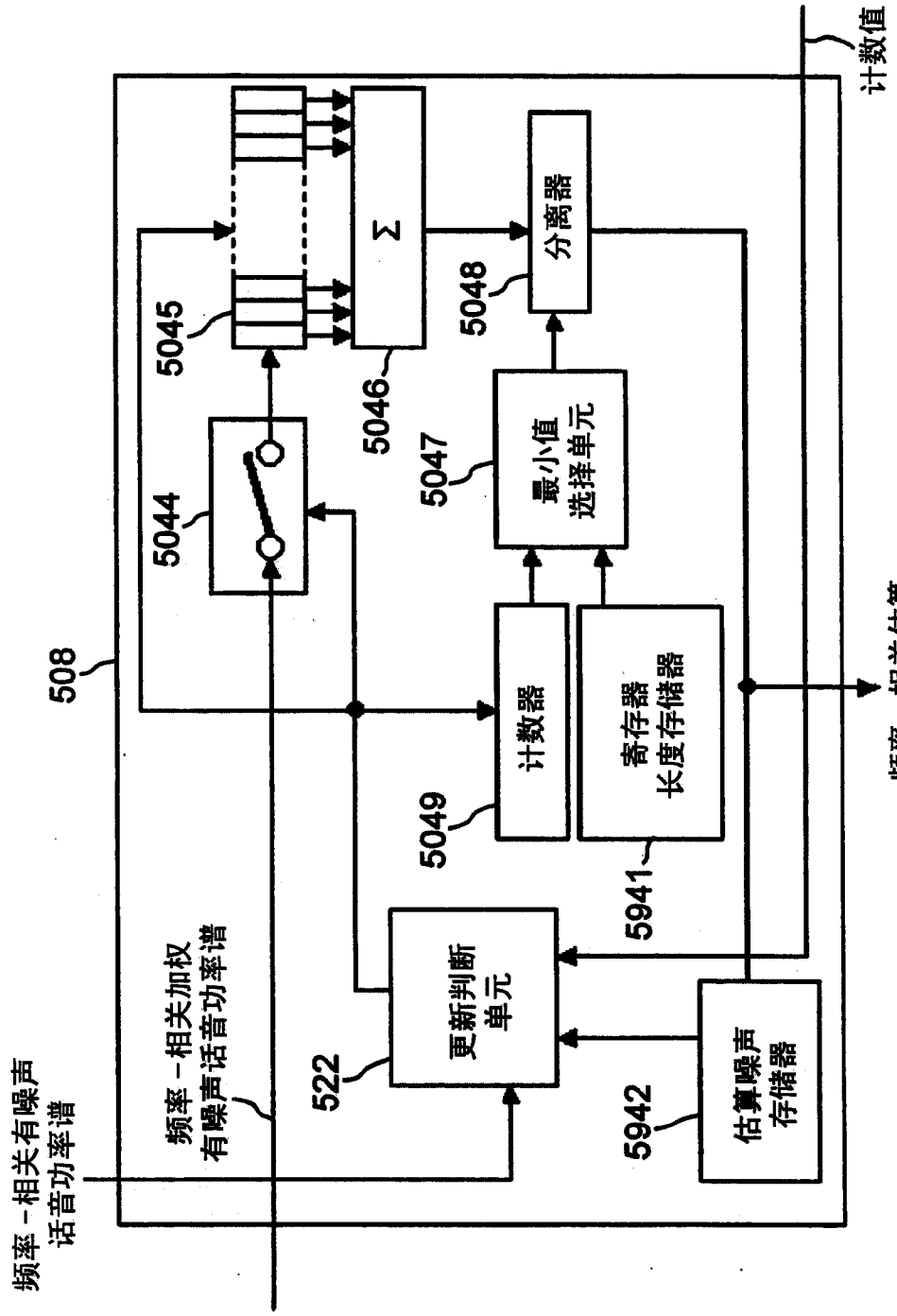

频率－相关有噪声
话音功率谱
频率－相关加权
有噪声话音功率谱
508
522
更新判断
单元
5941
5942
估算噪声
存储器
5049
计数器
寄存器
长度存储器
5044
5045
5046
5047
最小值
选择单元
5048
分离器
Σ
计数值
频率－相关估算
噪声话音功率谱

图 36

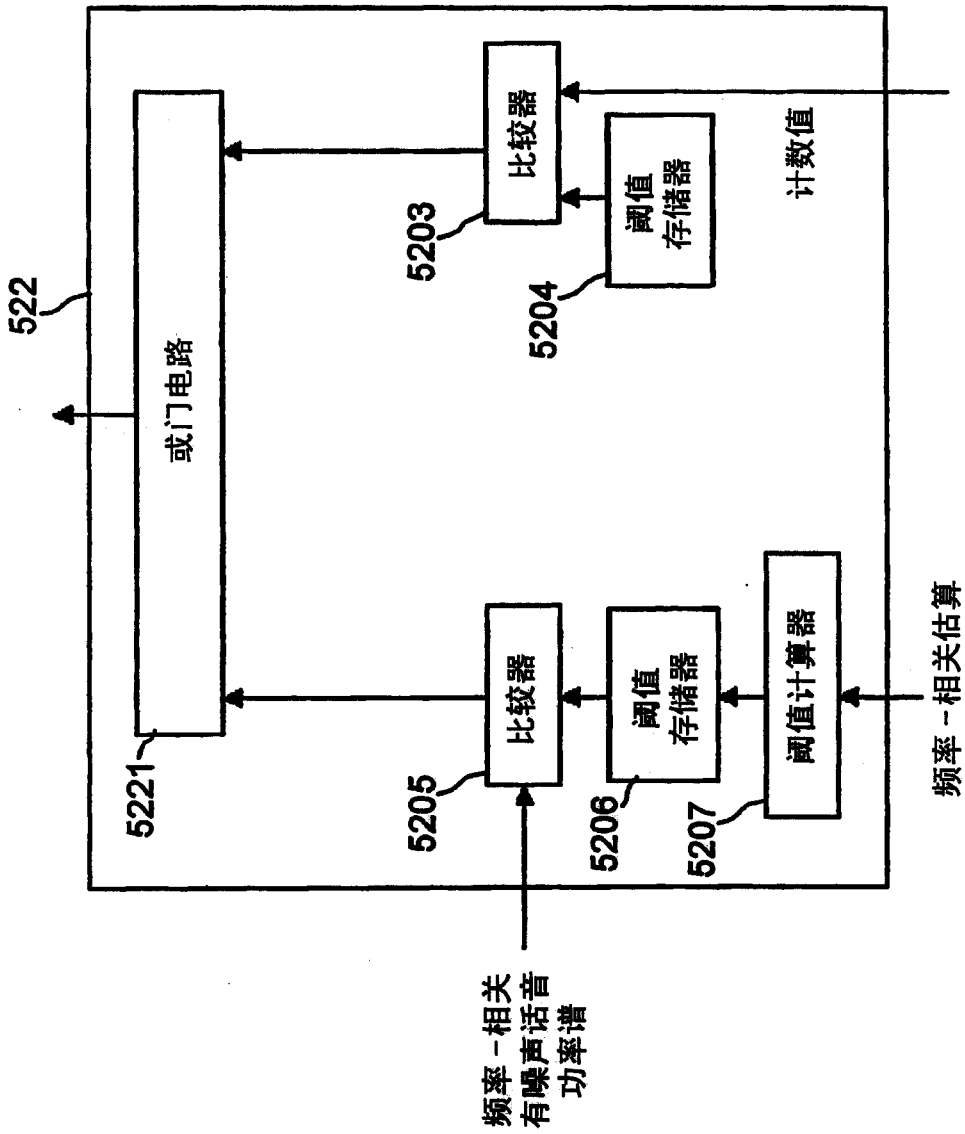

522
或门电路
5221
比较器
5203
阈值
存储器
5204
计数值
比较器
5205
阈值
存储器
5206
阈值计算器
5207
频率－相关估算
噪声功率谱
频率－相关
有噪声话音
功率谱

图 37