(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101300623 B
(45)授权公告日 2011.07.27

(21)申请号 200680040704.5
(22)申请日 2006.08.28
(30)优先权数据
255669/2005 2005.09.02 JP
(85)PCT申请进入国家阶段日
2008.04.29
(86)PCT申请的申请数据
PCT/JP2006/316849 2006.08.28
(87)PCT申请的公布数据
WO2007/029536 JA 2007.03.15
(73)专利权人 日本电气株式会社
地址 日本东京都
(72)发明人 杉山昭彦 加藤正德
(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
代理人 朱进桂
(51)Int.Cl.
G10L 21/02(2006.01)
(56)对比文件
JP 2003140700 A,2003.05.16, 全文.
JP 2003131689 A,2003.05.09, 全文.
JP 2002204175 A,2002.07.19, 全文.
审查员 刘红梅

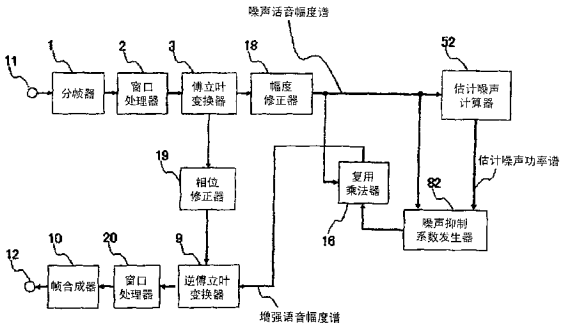
权利要求书 1 页 说明书 15 页 附图 21 页

(54)发明名称

用于抑制噪声的方法、设备和计算机程序

(57)摘要

本发明提出了一种方法、一种设备和一种计算机程序，能够以较小的计算量来抑制低频范围内的分量，并能够实现高质量的噪声抑制。通过以下操作来抑制输入信号中叠加在所需信号上的噪声：将所述输入信号转换为频域信号；修正所述频域信号的幅度，以获得幅度修正信号；使用所述幅度修正信号，来获得估计噪声；使用所述估计噪声和所述幅度修正信号，来确定抑制系数；以及以所述抑制系数对所述幅度修正信号进行加权。



CN 101300623 B

1. 一种噪声抑制方法，用于抑制包括在输入信号中的噪声，所述噪声抑制方法包括：

消除所述输入信号的偏移，以获得偏移消除信号；

将所述偏移消除信号转换为频域信号；

修正所述频域信号的幅度，以获得幅度修正信号；

使用所述幅度修正信号，来获得估计噪声；

使用所述估计噪声和所述幅度修正信号，来确定抑制系数；以及

以所述抑制系数对所述幅度修正信号进行加权。

2. 根据权利要求 1 所述的噪声抑制方法，其特征在于

所述修正用于修正所述频域信号的所述幅度，以便与所述偏移消除处理一起，包括所需高通特性。

3. 根据权利要求 2 所述的噪声抑制方法，其特征在于

所述所需高通特性抑制接近直流的分量，而通过语音。

4. 根据权利要求 1 所述的噪声抑制方法，还包括：

修正所述频域信号的相位，以获得相位修正信号；以及

将通过以所述抑制系数对所述幅度修正信号进行加权所获得的结果和所述相位修正信号转换为时域信号。

5. 一种噪声抑制设备，用于抑制包括在输入信号中的噪声，所述噪声抑制设备包括：

偏移消除器，用于消除所述输入信号的偏移，以获得偏移消除信号；

转换器，用于将所述偏移消除信号转换为频域信号；

幅度修正器，用于修正所述频域信号的幅度，以获得幅度修正信号；

噪声估计器，用于使用所述幅度修正信号，来获得估计噪声；

抑制系数发生器，用于使用所述估计噪声和所述幅度修正信号，来确定抑制系数；以及

乘法器，用于以所述抑制系数对所述幅度修正信号进行加权。

6. 根据权利要求 5 所述的噪声抑制设备，其特征在于

所述幅度修正器修正所述频域信号的所述幅度，以便通过将所述幅度修正器与所述偏移消除处理进行组合，来包括所需高通特性。

7. 根据权利要求 6 所述的噪声抑制设备，其特征在于

所述幅度修正器修正所述频域信号的所述幅度，以便通过将所述幅度修正器与所述偏移消除处理进行组合，来抑制接近直流的分量，而通过语音。

8. 根据权利要求 5 所述的噪声抑制设备，还包括：

相位修正器，用于修正所述频域信号的相位，以获得相位修正信号；以及

逆转换器，用于将通过以所述抑制系数对所述幅度修正信号进行加权所获得的结果和所述相位修正信号转换为时域信号。

用于抑制噪声的方法、设备和计算机程序

技术领域

[0001] 本发明涉及一种噪声抑制方法、一种用于抑制叠加在所需语音信号上的噪声的噪声抑制设备、以及一种用于抑制所述噪声的计算机程序。

背景技术

[0002] 噪声抑制器（噪声抑制系统）是一种用于抑制叠加在所需语音信号上的噪声的系统，通常通过以下操作来抑制混合在所需语音信号中的噪声：通过将输入信号转换到频域来估计噪声分量的功率谱；以及从输入信号中扣除所估计出的功率谱。噪声抑制器也可以用于通过连续估计噪声分量的功率谱来抑制不规则噪声。例如，噪声抑制器可以是一种北美便携式电话标准所采用的方法，可参见非专利文献 1（技术要求 (TR45).ENHANCED VARIABLE RATE CODEC,SPEECH SERVICEOPTION 3 FOR WIDEBAND SPREAD SPECTRUM DIGITAL SYSTEMS) 和专利文献 1（日本未审公开专利申请 No.2002-204175）。

[0003] 通常，将通过对用于收集声波的麦克风的输出信号进行模拟－数字 (AD) 转换而得到的数字信号作为输入信号传送至噪声抑制器。通常，将高通滤波器放置在 AD 转换器和噪声抑制器之间，主要用于抑制在麦克风中收集声音时和在对该声音进行 AD 转换时所引入的低频范围内的分量。例如，在专利文献 2（美国专利 No.5,659,622) 中公开了上述结构示例。

[0004] 图 1 示出了将专利文献 1 的噪声抑制器与专利文献 2 的高通滤波器进行组合的结构。

[0005] 将含噪声的话音信号（其中所需语音信号与噪声相混合的信号）作为采样值序列传送至输入端 11。将含噪声的话音信号采样传送至高 通滤波器 17，并在对其低频范围内的分量进行抑制之后，将其传送至分帧器 (frame divider)1。对于保持输入含噪声话音的线性以及实现充分的信号处理性能而言，抑制低频范围内的分量是绝对必要的。分帧器 1 将含噪声的话音信号采样分为其单位是特定数目的帧，并将所述帧传送至窗口处理器 2。窗口处理器 2 将已分为帧的、含噪声的话音信号采样与窗口函数相乘，并将结果传送至傅立叶变换器 3。

[0006] 傅立叶变换器 3 对窗口处理过的、含噪声的话音信号采样进行傅立叶变换，以便将所述信号采样分为多个频率分量，并对幅度值进行复用，以将所述多个频率分量传送至估计噪声计算器 52、噪声抑制系数发生器 82 和复用乘法器 16。将相位传送至逆傅立叶变换器 9。估计噪声计算器 52 估计所传送的多个频率分量中的每一个的噪声，并将所述噪声传送至噪声抑制系数发生器 82。一种噪声估计方法的示例是以过去的信号噪声比对含噪声的话音进行加权以将其指定为噪声分量的方法，在专利文献 1 中描述了上述方法的细节。

[0007] 噪声抑制系数发生器 82 产生噪声抑制系数，以便通过将含噪声的话音与估计噪声相乘来获得已针对多个频率分量中的每一个抑制了噪声的增强语音。作为产生噪声抑制系数的示例，广泛地采用了用于使增强语音的平均平方功率最小化的最小均方短时谱幅度方法，在专利文献 1 中描述了上述方法的细节。

[0008] 将针对每个频率而产生的噪声抑制系数传送至复用乘法器 16。针对每个频率，复用乘法器 16 将从傅立叶变换器 3 传送过来的含噪声的话音与从噪声抑制系数发生器 82 传送过来的噪声抑制系数相乘，并将乘积传送至逆傅立叶变换器 9，作为增强语音的幅度。逆傅立叶变换器 9 通过将从复用乘法器 16 传送过来的增强语音幅度与含噪声的话音的相位（所述相位来自傅立叶变换器 3）进行组合来执行逆傅立叶变换，并将逆傅立叶变换后的信号传送至帧合成器 10，作为增强语音信号采样。帧合成器 10 通过使用相邻帧的增强语音采样来合成相应帧的输出语音采样，以将合成后的采样传送至输出端 12。

发明内容

[0009] 高通滤波器 17 抑制直流附近的频率分量。通常，其频率等于或高于 100Hz 到 120Hz 的分量通过高通滤波器 17 而未被抑制。当高通滤波器 17 的结构可以被归类为有限冲激响应 (FIR) 型或无限冲激响应 (IIR) 型滤波器时，需要尖锐的通带端接特性，因此通常采用 IIR 型滤波器。对于 IIR 型滤波器，已知的是：传递函数被表达为有理函数，且对分母系数的敏感度极高。因此，存在以下问题：在将高通滤波器 17 实现为有限字长计算时，需要频繁地使用双精度计算来实现足够的精确性，因此计算量较大。另一方面，如果去除高通滤波器 17 以降低计算量，则难以维持输入信号的线性，而不能实现高质量的噪声抑制。

[0010] 本发明的目的在于提供一种噪声抑制方法和一种噪声抑制设备，其能够以较小的计算量来抑制低频范围内的分量并实现高质量的噪声抑制。

[0011] 根据本发明的噪声抑制方法将输入信号转换为频域信号，修正频域信号的幅度以获得幅度修正信号，通过使用幅度修正信号来获得估计噪声，通过使用估计噪声和幅度修正信号来确定抑制系数，以及以抑制系数对幅度修正信号进行加权。

[0012] 另一方面，根据本发明的噪声抑制设备具有：转换器，用于将输入信号转换为频域信号；幅度修正器，用于修正频域信号的幅度以获得幅度修正信号；噪声估计器，用于通过使用幅度修正信号来获得估计噪声；抑制系数发生器，用于通过使用估计噪声和幅度修正信号来确定抑制系数；以及乘法器，用于以抑制系数对幅度修正信号进行加权。

[0013] 根据本发明的一种用于噪声抑制的信号处理计算机程序包括：将输入信号转换为频域信号的处理，修正频域信号的幅度以获得幅度修正信号的处理，通过使用幅度修正信号来获得估计噪声的处理，通过使用估计噪声和幅度修正信号来确定抑制系数的处理，以及以抑制系数对幅度修正信号进行加权的处理。

[0014] 具体地，根据本发明的噪声抑制方法和设备的特征在于抑制傅立叶变换后的信号的低频范围内的分量。更具体地，所述设备的特征在 于包括：幅度修正器，用于抑制傅立叶变换后的输出的幅度的低频范围内的分量；以及相位修正器，用于修正与低频范围内的分量的幅度调整相对应的相位，以修正傅立叶变换后的输出的相位。

[0015] 根据本发明，将转换到频域的信号的幅度与一常数相乘，将一常数与相位相加，从而能够以单一的精确计算来实现所述方法和设备，并能够以较小的计算量来实现高质量的噪声抑制。

附图说明

[0016] 图 1 是示出了传统噪声抑制设备的结构示例的方框图；

[0017] 图 2 是示出了本发明第一典型实施例的方框图；

[0018] 图 3 是示出了包括在本发明第一典型实施例中的幅度修正器的结构的方框图；

[0019] 图 4 是示出了包括在图 3 中的语音存在概率计算器的结构的方框图；

[0020] 图 5 是示出了本发明第二典型实施例的方框图；

[0021] 图 6 是示出了本发明第三典型实施例的方框图；

[0022] 图 7 是示出了包括在本发明第三典型实施例中的复用乘法器的结构的方框图；

[0023] 图 8 是示出了包括在本发明第三典型实施例中的加权噪声话音计算器的结构的方框图；

[0024] 图 9 是示出了包括在图 8 中的频域 SNR 计算器的结构的方框图；

[0025] 图 10 是示出了包括在图 8 中的复用非线性处理器的结构的方框图；

[0026] 图 11 是示出了非线性处理器的非线性函数的示例的曲线图；

[0027] 图 12 是示出了包括在本发明第三典型实施例中的估计噪声计算器的结构的方框图；

[0028] 图 13 是示出了包括在图 12 中的频域估计噪声计算器的结构的方框图；

[0029] 图 14 是示出了包括在图 13 中的更新判决器的结构的方框图；

[0030] 图 15 是示出了包括在本发明第三典型实施例中的估计先验 SNR 计算器的结构的方框图；

[0031] 图 16 是示出了包括在图 15 中的多值域限制器的结构的方框图；

[0032] 图 17 是示出了包括在图 15 中的复用加权加法器的结构的方框图；

[0033] 图 18 是示出了包括在图 17 中的加权加法器的结构的方框图；

[0034] 图 19 是示出了包括在本发明第三典型实施例中的噪声抑制系数发生器的结构的方框图；

[0035] 图 20 是示出了包括在本发明第三典型实施例中的抑制系数修正器的结构的方框图；以及

[0036] 图 21 是示出了包括在图 20 中的频域抑制系数修正器的结构的方框图。

[0037] 符号说明

[0038]	1	分帧器
[0039]	2、20	窗口处理器
[0040]	3	傅立叶变换器
[0041]	4、5049	计数器
[0042]	5、52	估计噪声计算器
[0043]	6、1042	频域 SNR 计算器
[0044]	7	估计先验 SNR 计算器
[0045]	8、82	噪声抑制系数发生器
[0046]	9	逆傅立叶变换器
[0047]	10	帧合成器
[0048]	11	输入端
[0049]	12	输出端
[0050]	13、16、704、705、1404	复用乘法器

[0051]	14	加权噪声话音计算器
[0052]	15	抑制系数修正器
[0053]	17	高通滤波器
[0054]	18	幅度修正器
[0055]	19	相位修正器
[0056]	21	语音缺失概率存储器
[0057]	22	偏移消除器
[0058]	501、502、1302、1303	分离器
[0059]	1422、1423、1495、1502	分离器
[0060]	1503、1801、1901	分离器
[0061]	7013、7072、7074	分离器
[0062]	503、1304、1424、1475	复用器
[0063]	1504、1803、1903	复用器
[0064]	7014、7075	复用器
[0065]	504_0 至 504_{K-1}	频域估计噪声计算器
[0066]	520	更新判决器
[0067]	701	多值域限制器
[0068]	702	后验 SNR 存储器
[0069]	703	抑制系数存储器
[0070]	706	权重存储器
[0071]	707	复用加权加法器
[0072]	708、5046、7092、7094	加法器
[0073]	811	MMSE STSA 增益函数值计算器
[0074]	812	广义似然比计算器
[0075]	814	抑制系数计算器
[0076]	921	瞬时估计 SNR
[0077]	921_0 至 921_{K-1}	频域瞬时估计 SNR
[0078]	922	以往估计 SNR
[0079]	922_0 至 922_{K-1}	以往频域估计 SNR
[0080]	923	权重
[0081]	924	估计先验 SNR
[0082]	924_0 至 924_{K-1}	频域估计先验 SNR
[0083]	1301_0 至 1301_{K-1}	乘法器
[0084]	1597、7091、7093	乘法器
[0085]	1401、5042	估计噪声存储器
[0086]	1405	复用非线性处理器
[0087]	1421_0 至 1421_{K-1}、5048	除法器
[0088]	1485_0 至 1485_{K-1}	非线性处理器
[0089]	1501_0 至 1501_{K-1}	频域抑制系数修正器

[0090] 1591、7012_0 至 7012_{K-1} 最大值选择器

[0091] 1592 抑制系数下限值存储器

[0092] 1593、5204、5206 阈值存储器

[0093] 1594、5203、5205 比较器

[0094] 1595、5044 开关

[0095] 1596 修正值存储器

[0096] 1802_0 至 1802_{K-1} 加权处理器

[0097] 1902_0 至 1902_{K-1} 相位旋转器

[0098] 5041 寄存器长度存储器

[0099] 5045 移位寄存器

[0100] 5047 最小值选择器

[0101] 5201 逻辑或计算器

[0102] 5207 阈值计算器

[0103] 7011 常数存储器

[0104] 7071_0 至 7071_{K-1} 加权加法器

[0105] 7095 常数乘法器

具体实施方式

[0106] 图 2 是示出了本发明第一典型实施例的方框图。除了高通滤波器 17、幅度修正器 18、相位修正器 19 和窗口处理器 20 以外，图 2 所示结构与图 1 所示结构（传统示例）相同。以下的详细讨论将集中在这些不同点上。

[0107] 在图 2 中，删除了图 1 所示的高通滤波器 17，而代替地设置了幅度修正器 18、相位修正器 19 和窗口处理器 20。设置幅度修正器 18 和相位修正器 19，以将高通滤波器的频率响应施加于被转换至频域的 信号上。将函数 f 的绝对值（幅度频率响应）在幅度修正器 18 中施加于输入信号，以及将函数 f 的相位（相位频率响应）在相位修正器 19 中施加于输入信号，其中通过将 $z = \exp(j \cdot 2\pi f)$ 施加于高通滤波器 17 的传递函数来获得所述函数 f。

[0108] 通过上述操作，可以获得与将高通滤波器 17 施加于输入信号相同的效果。也就是说，代替在时域上将高通滤波器 17 的传递函数与输入信号进行卷积，在傅立叶变换器 3 中被转换为频域信号之后，将所述函数与频率响应相乘。

[0109] 将幅度修正器 18 的输出传送至估计噪声计算器 52、噪声抑制系数发生器 82 和复用乘法器 16。将相位修正器 19 的输出传送至逆傅立叶变换器 9。

[0110] 随后的操作与参照图 1 所描述的操作相同。如专利文献 3（日本未审公开专利申请 No. 2003-131689）所公开的那样，设置窗口处理器 20 以抑制帧边界处的间断声音。

[0111] 图 3 示出了幅度修正器 18 的结构示例。将来自傅立叶变换器 3 的复用噪声话音幅度谱传送至分离器 1801。分离器 1801 将复用噪声话音幅度谱分解为各个频率分量，并将所述频率分量传送至加权处理器 1802_0 至 1802_{K-1}。加权处理器 1802_0 至 1802_{K-1} 以相应的幅度频率响应对被分解为各个频率分量的每个噪声话音幅度谱进行加权，并将所述谱传送至复用器 1803。复用器 1803 对来自加权处理器 1802_0 至 1802_{K-1} 的信号进行复用，以输出复

用信号，作为修正噪声话音幅度谱。

[0112] 图 4 示出了相位修正器 19 的结构示例。将从傅立叶变换器 3 传送过来的复用噪声话音相位谱传送至分离器 1901。分离器 1901 将复用噪声话音相位谱分解为各个频率分量，并将各个频率分量传送至相位旋转器 1902_0 至 1902_{K-1}。每个相位旋转器 1902_0 至 1902_{K-1} 根据相应的相位频率响应对被分解为各个频率分量的噪声话音相位谱进行旋转，并将所述谱传送至复用器 1903。复用器 1903 对来自相位旋转器 1902_0 至 1902_{K-1} 的信号进行复用，以输出复用信号，作为修正噪声话音相位谱。相位修正器 19 的存在并不如幅度修正器 18 那样重要，因此可以省略相位修正器 19。原因在于：已知相位修正器 19 的存在仅影响输 出信号的相位，而对于理解语音内容而言，相位信息比幅度信息次要得多。

[0113] 图 5 是示出了本发明第二典型实施例的方框图。图 5 所示结构与作为第一典型实施例的图 2 所示结构的区别在于偏移消除器 22。偏移消除器 22 消除窗口处理后的噪声话音的偏移，以输出语音。最简单的偏移消除方法是针对每一帧获得噪声话音的平均值，以将所述平均值指定为偏移，将从对应帧中的所有采样中扣除此偏移。或者，针对多个帧，对每一帧的平均值进行平均，并将所获得的数值作为偏移从采样中扣除。通过消除偏移，可以在傅立叶变换器 3 中提高转换精度，并能够改善将要输出的增强语音的声音质量。

[0114] 图 6 是示出了本发明第三典型实施例的方框图。将含噪声的话音信号（所需语音信号与噪声相混合的信号）作为采样值序列传送至输入端 11。将含噪声的话音信号采样传送至分帧器 1，并以 K/2 个采样为单位分割成帧。这里，假设 K 是偶数。将被分割成帧的噪声话音信号采样传送至窗口处理器 2，并与窗口函数 w(t) 相乘。通过对第 n 帧的输入信号 $y_n(t)$ (t = 0,1, …, K/2-1) 进行窗口处理而获得的信号 $\overline{y}_n(t)$ 可以如下等式表示。

[0115] [等式 1]

[0116] $$\overline{y}_n(t) = w(t)y_n(t) \qquad (1)$$

[0117] 此外，在将要进行窗口处理的、两个连续帧彼此交叠的部分中广泛执行上述操作。如果假设交叠长度是帧长度的 50%，对于 t = 0,1, …, K/2-1，

[0118] [等式 2]

[0119] $$\overline{y}_n(t) = w(t)y_{n-1}(t+K/2)$$

[0120] $$\overline{y}_n(t+K/2) = w(t+K/2)y_n(t) \qquad (2)$$

[0121] 通过上述等式获得的 $\overline{y}_n(t)$ (t = 0,1, …, K/2-1) 作为窗口处理器 2 的输出。将左右对称的窗口函数用于实数信号。设计窗口函数，从而使输入信号和输出信号彼此对应，以排除当抑制系数被设置为“1”时所导致的计算误差。这意味着 w(t)+w(t+K/2) = 1。

[0122] 下面，将继续作为示例来描述其中要进行窗口处理的两个连续帧的 50% 彼此交叠的情况。例如，可以将以如下等式表示的汉宁窗 (Hanning Window) 用作 w(t)。

[0123] [等式 3]

[0124] $$w(t) = \begin{cases} 0.5 + 0.5\cos\left(\dfrac{\pi(t-K/2)}{K/2}\right), & 0 \le t < K \\ 0, & K \le t \end{cases} \qquad (3)$$

[0125] 除了上述等式外，诸如汉明窗 (Hamming Window)、凯瑟窗 (KayserWindow) 和布莱克曼窗 (Blackman Window) 等多种窗口函数是已知的。将窗口处理后的输出 $\overline{y}_n(t)$ 传送至

偏移消除器 22，并对偏移进行消除。偏移消除的细节与参照图 5 所描述的内容相同。

[0126] 将已经消除了偏移的信号传送至傅立叶变换器 3，并转换为噪声话音谱 $Y_n(k)$。将噪声话音谱 $Y_n(k)$ 分离为相位和幅度，将噪声话音相位谱 arg $Y_n(k)$ 通过相位修正器 19 传送至逆傅立叶变换器 9，以及将噪声话音幅度谱 $|Y_n(k)|$ 通过幅度修正器 18 传送至复用乘法器 13 和复用乘法器 16。相位修正器 19 和幅度修正器 18 的操作与参照图 2 所描述的内容相同。

[0127] 复用乘法器 13 通过使用其幅度已被修正的噪声话音幅度谱来计算噪声话音功率谱，并将所述噪声话音功率谱传送至估计噪声计算器 5、频域 SNR（信号噪声比）计算器 6 和加权噪声话音计算器 14。加权噪声话音计算器 14 通过使用从复用乘法器 13 传送过来的噪声话音功率谱来计算加权噪声话音功率谱，并将所述加权噪声话音功率谱传送至估计噪声计算器 5。

[0128] 估计噪声计算器 5 通过使用噪声话音功率谱、加权噪声话音功率谱和来自计数器 4 的计数值来估计噪声的功率谱，并噪声的功率谱作为估计噪声功率谱传送至频域 SNR 计算器 6。频域 SNR 计算器 6 通过使用输入的噪声话音功率谱和输入的估计噪声功率谱来计算每个频率的 SNR，并将所述 SNR 作为后验 SNR 传送至估计先验 SNR 计算器 7 和噪声抑制系数发生器 8。

[0129] 估计先验 SNR 计算器 7 通过使用输入的后验 SNR 和来自抑制系数修正器 15 的修正抑制系数来估计先验 SNR，并将先验 SNR 作为估计先验 SNR 传送至噪声抑制系数发生器 8。噪声抑制系数发生器 8 通过使 用作为输入而传送过来的后验 SNR 和估计先验 SNR、以及通过使用从语音缺失概率存储器 21 传送过来的语音缺失概率来产生噪声抑制系数，并将噪声抑制系数作为抑制系数传送至抑制系数修正器 15。抑制系数修正器 15 通过使用输入的估计先验 SNR 和抑制系数来修正抑制系数，并将修正后的抑制系数作为修正抑制系数 $\bar{G}_n(k)$ 传送至复用乘法器 16。复用乘法器 16 通过以从抑制系数修正器 15 传送过来的修正抑制系数 $\bar{G}_n(k)$ 对从傅立叶变换器 3 通过幅度修正器 18 传送过来的修正噪声话音幅度谱进行加权来获得增强语音幅度谱 $|\bar{X}_n(k)|$，并将增强语音幅度谱传送至逆傅立叶变换器 9。

[0130] $|\bar{X}_n(k)|$ 可以由以下等式表示。

[0131] [等式 4]

[0132] $$|\bar{X}_n(k)| = \bar{G}_n(k) H_n(k) |Y_n(k)| \qquad (4)$$

[0133] 这里，$H_n(k)$ 是幅度修正器 18 中的修正增益，并作为图 1 所示的高通滤波器的幅度频率响应而获得。

[0134] 逆傅立叶变换器 9 通过将从复用乘法器 16 传送过来的增强语音幅度谱 $|\bar{X}_n(k)|$ 与从傅立叶变换器 3 通过相位修正器 19 传送过来的修正噪声话音相位谱 arg $Y_n(k)$+arg $H_n(k)$ 相乘来获得增强语音 $\bar{X}_n(k)$。即，执行以下等式。

[0135] [等式 5]

[0136] $$\bar{X}_n(k) = |\bar{X}_n(k)| \cdot \{\arg Y_n(k) + \arg H_n(k)\} \qquad (5)$$

[0137] 这里，arg $H_n(k)$ 是相位修正器 19 中的修正相位，并作为图 1 所示的高通滤波器的相位频率响应而获得。

[0138] 逆傅立叶变换器 9 对所获得的增强语音 $\bar{X}_n(k)$进行逆傅立叶变换，并将增强语音 $\bar{X}_n(k)$传送至窗口处理器 20，作为时域采样序列 $\bar{x}_n(t)$（t = 0，1，…，K-1），所述时域采样序列 $\bar{x}_n(t)$的帧配置有 K 个采样。窗口处理器 20 将从逆傅立叶变换器 9 传送过来的时域采样序列 $\bar{x}_n(t)$与窗口函数 w(t) 相乘。以如下等式表示信号 $\bar{x}_n(t)$，通过以 w(t) 对第 n 帧的输入信号 $x_n(t)$（t = 0，1，…，K/2-1）进行窗口处理来获得信号 $\bar{x}_n(t)$。

[0139] [等式 6]

[0140] $$\bar{x}_n(t) = w(t)x_n(t) \qquad (6)$$

[0141] 此外，在将要进行窗口处理的、两个连续帧彼此交叠的部分中广泛执行上述操作。如果假设交叠长度是帧长度的 50％，对于 t = 0，1，…，K/2-1，

[0142] [等式 7]

[0143] $$\bar{x}_n(t) = w(t)x_{n-1}(t + K/2)$$

[0144] $$\bar{x}_n(t + K/2) = w(t + K/2)x_n(t) \qquad (17)$$

[0145] 通过上述等式获得的$\bar{x}_n(t)$（$t = 0,1,\cdots,K-1$）作为窗口处理器 20 的输出，并传送至帧合成器 10。

[0146] 帧合成器 10 从两个相邻的帧 $\bar{x}_n(t)$的每一个中取出 K/2 个采样，以对这些采样进行交叠，并通过使用以下等式来获得增强语音 $\hat{x}_n(t)$。

[0147] [等式 8]

[0148] $$\hat{x}_n(t) = \bar{x}_{n-1}(t + K/2) + \bar{x}_n(t) \qquad (18)$$

[0149] 将所获得的增强语音 $\hat{x}_n(t)$传送至输出端 12，作为帧合成器 10 的输出。

[0150] 图 7 是示出了图 6 所示的复用乘法器 13 的结构的方框图。复用乘法器 13 包括乘法器 1301_0 至 1301_{K-1}、分离器 1302 和 1303 以及复用器 1304。在分离器 1302 和 1303 中，将从图 6 的幅度修正器 18 传送过来的、已被复用的修正噪声话音幅度谱分解为每个频率 K 个采样，并将其分别传送至乘法器 1301_0 至 1301_{K-1}。乘法器 1301_0 至 1301_{K-1} 分别对输入信号进行平方运算，并分别将平方信号传送至复用器 1304。复用器 1304 对输入信号进行复用，以输出复用信号，作为噪声话音功率谱。

[0151] 图 8 是示出了加权噪声话音计算器 14 的结构的方框图。加权噪声话音计算器 14 包括估计噪声存储器 1401、频域 SNR 计算器 1402、复用非线性处理器 1405 和复用乘法器 1404。估计噪声存储器 1401 存储从图 6 的估计噪声计算器 5 传送过来的估计噪声功率谱，并将前一帧的估计噪声功率谱输出至频域 SNR 计算器 1402。

[0152] 频域 SNR 计算器 1402 通过使用从估计噪声存储器 1401 传送过来的估计噪声功率谱和从图 6 的复用乘法器 13 传送过来的噪声话音功率谱，来获得每个频率的 SNR，并将 SNR 输出至复用非线性处理器 1405。复用非线性处理器 1405 通过使用从频域 SNR 计算器 1402 传送过来的 SNR，来计算权重系数矢量，并将权重系数矢量输出至复用乘法器 1404。

[0153] 针对每一频率，复用乘法器 1404 计算从图 6 的复用乘法器 13 传送过来的噪声话音功率谱和从复用非线性处理器 1405 传送过来的权重系数矢量的乘积，并将加权噪声话音功率谱输出至图 6 的估计噪声计算器 5。复用乘法器 1404 的结构与参照图 7 所描述的复用乘法器 13 的结构相同，所以将省略对其的详细描述。

[0154] 图 9 是示出了包括在图 8 中的频域 SNR 计算器 1402 的结构的方框图。频域 SNR

计算器 1402 包括除法器 1421_0 至 1421_{K-1}、分离器 1422 和 1423 以及复用器 1424。将从图 6 的复用乘法器 13 传送过来的噪声话音功率谱传送至分离器 1422。将从图 8 的估计噪声存储器 1401 传送过来的估计噪声功率谱传送至分离器 1423。在分离器 1422 和 1423 中，将噪声话音功率谱和估计噪声功率谱分别分解为与频率分量相对应的 K 个采样，并分别将其传送至除法器 1421_0 至 1421_{K-1}。

[0155] 在除法器 1421_0 至 1421_{K-1} 中，根据以下等式，通过将传送过来的噪声话音功率谱除以估计噪声功率谱，获得频域 SNR $\hat{\gamma}_n(k)$，并将其传送至复用器 1424。

[0156] [等式 9]

[0157] $$\hat{\gamma}_n(k)=\frac{|Y_n(k)|^2}{\lambda_{n-1}(k)} \qquad (9)$$

[0158] 这里，$\lambda_{n-1}(k)$ 是前一帧中的估计噪声功率谱。复用器 1424 对传送过来的 K 个频域 SNR 进行复用，并将复用 SNR 传送至图 8 的复用非线性处理器 1405。

[0159] 接下来，将参照图 10，对图 8 的复用非线性处理器 1405 的结构和操作进行详细描述。图 10 是示出了包括在加权噪声话音计算器 14 中的复用非线性处理器 1405 的结构的方框图。复用非线性处理器 1405 包括分离器 1495、非线性处理器 1485_0 至 1485_{K-1} 和复用器 1475。分离器 1495 将从图 8 的频域 SNR 计算器 1402 传送过来的 SNR 分解为频域 SNR，并将分解后的 SNR 传送至非线性处理器 1485_0 至 1485_{K-1}。非线性处理器 1485_0 至 1485_{K-1} 分别包括用于根据输入值而输出实数值的非线性函数。

[0160] 图 11 示出了非线性函数的示例。如果 f_1 是输入值，则可以通过以下等式获得图 11 所示的非线性函数的输出值 f_2。

[0161] [等式 10]

[0162] $$f_2=\begin{cases}1, & f_1\le a\\ \dfrac{f_1-b}{a-b}, & a<f_1\le b\\ 0, & b<f_1\end{cases} \qquad (10)$$

[0163] 这里，a 和 b 是任意实数。

[0164] 回到图 10，非线性处理器 1485_0 至 1485_{K-1} 利用非线性函数来处理从分离器 1495 传送过来的频域 SNR，以获得加权系数，并将加权系数输出至复用器 1475。即，非线性处理器 1485_0 至 1485_{K-1} 根据 SNR 来输出加权系数“1”至“0”。当 SNR 较小时，输出“1”，而当 SNR 较大时，输出“0”。复用器 1475 对从非线性处理器 1485_0 至 1485_{K-1} 输出的加权系数进行复用，并将复用加权系数作为加权系数矢量输出至复用乘法器 1404。

[0165] 在图 8 复用乘法器 1404 中与噪声话音功率谱相乘的加权系数是与 SNR 对应的值，当 SNR 较大，即包含在含噪声的话音中的语音分量较大时，加权系数的值较小。虽然通常将噪声话音功率谱用于更新估计噪声，但是通过根据 SNR，对用于更新估计噪声的噪声话音功率谱进行加权，可以使包含在噪声话音功率谱中的语音分量的影响较小，并能够实现更为精确的噪声估计。同时，虽然描述了利用非线性函数来计算加权系数的示例，但是也可以使用除非线性函数以外的 SNR 的其他函数，该函数可以表示为另一等式，如线性函数或高阶多项式等。

[0166] 图 12 是示出了图 6 所示的估计噪声计算器 5 的结构的方框图。估计噪声计算器

5 包括分离器 501 和 502、复用器 503 和频域估计噪声计算器 504_0 至 504_{K-1}。

[0167] 在图 12 中，分离器 501 将从图 6 的加权噪声话音计算器 14 传送过来的加权噪声话音功率谱分解为每个频率的加权噪声话音功率谱，并将这些功率谱分别传送至频域估计噪声计算器 504_0 至 504_{K-1}。分离器 502 将从图 6 的复用乘法器 13 传送过来的噪声话音功率谱分解为每 个频率的噪声话音功率谱，并将这些功率谱分别输出至频域估计噪声计算器 504_0 至 504_{K-1}。

[0168] 频域估计噪声计算器 504_0 至 504_{K-1} 根据从分离器 501 传送过来的频域加权噪声话音功率谱、从分离器 502 传送过来的频域噪声话音功率谱和从图 6 的计数器 4 传送过来的计数值，计算频域估计噪声功率谱，并这些功率谱输出至复用器 503。复用器 503 对从频域估计噪声计算器 504_0 至 504_{K-1} 传送过来的频域估计噪声功率谱进行复用，并将估计噪声功率谱输出至图 6 的频域 SNR 计算器 6 以及加权噪声话音计算器 14。将参照图 13，对频域估计噪声计算器 504_0 至 504_{K-1} 的结构和操作进行详细描述。

[0169] 图 13 是示出了图 12 所示的频域估计噪声计算器 504_0 至 504_{K-1} 的结构的方框图。频域估计噪声计算器 504 包括更新判决器 520、寄存器长度存储器 5041、估计噪声存储器 5042、开关 5044、移位寄存器 5045、加法器 5046、最小值选择器 5047、除法器 5048 和计数器 5049。

[0170] 将频域加权噪声话音功率谱从图 12 的分离器 501 传送至开关 5044。当开关 5044 闭合时，将频域加权噪声话音功率谱传送至移位寄存器 5045。移位寄存器 5045 响应于从更新判决器 520 传送过来的控制信号，年个内部寄存器的存储值移位至相邻的寄存器。寄存器长度与稍后描述的寄存器长度存储器 5041 中所存储的数值相同。将移位寄存器 5045 的所有寄存器输出传送至加法器 5046。加法器 5046 对传送过来的所有寄存器输出进行求和，并将求和结果传送至除法器 5048。

[0171] 另一方面，向更新判决器 520 传送计数值、频域噪声话音功率谱和频域估计噪声功率谱。在计数值达到预定值之前，更新判决器 520 总是输出“1”，在计数值达到预定值之后，当更新判决器 520 确定输入噪声话音信号是噪声时，更新判决器 520 输出“1”，而在其他情况下，更新判决器 520 输出“0”。将更新判决器 520 的输出传送至计数器 5049、开关 5044 和移位寄存器 5045。

[0172] 当从更新判决器 520 传送过来的信号是“1”时，开关 5044 闭合，而当该信号为“0”时，开关 5044 断开。当从更新判决器 520 传送过来的信号是“1”时，计数器 5049 增加计数值，而当该信号为“0”时， 计数器 5049 不改变计数值。当从更新判决器 520 传送过来的信号是“1”时，移位寄存器 5045 输入从开关 5044 传送过来的一个信号采样，与此同时，将内部寄存器的存储值移位至相邻的寄存器。向最小值选择器 5047 传送计数器 5049 的输出和寄存器长度存储器 5041 的输出。

[0173] 最小值选择器 5047 选择传送过来的计数值或寄存器长度（二者中较小的一个），并将所选择的数值传送至除法器 5048。除法器 5048 将从加法器 5046 传送过来的频域噪声话音功率谱的求和值除以计数值或寄存器长度（二者中较小的一个），并输出所得的商，作为频域估计噪声功率谱 $\lambda_n(k)$。如果 $B_n(k)(n = 0,1, \cdots, N-1)$ 是存储在移位寄存器 5045 中的噪声话音功率谱的采样值，则可以通过以下等式获得 $\lambda_n(k)$

[0174] $$\lambda_n(k)=\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1}B_n(k) \qquad (11)$$

[0175] 在以上等式中，N 是计数值或寄存器长度（二者中较小的一个）。由于计数值从“0”开始单调递增，所以首先使用计数值来执行除法操作，然后才使用寄存器长度来执行除法操作。针对以寄存器长度为除数的除法，需要获得存储在移位寄存器中的数值的平均值。首先，由于在移位寄存器 5045 中并未存储足够多的数值，所以使用实际存储有数值的寄存器的数目来执行除法操作。当计数值小于寄存器长度时，实际存储有数值的寄存器的数目等于计数值，而当计数值变得大于寄存器长度时，实际存储有数值的寄存器的数目等于寄存器长度。

[0176] 图 14 是示出了图 13 所示的更新判决器 520 的结构的方框图。更新判决器 520 包括逻辑或计算器 5201、比较器 5203 和 5205、阈值存储器 5204 和 5206 以及阈值计算器 5207。

[0177] 将从图 6 的计数器 4 传送过来的计数值传送至比较器 5203。同时，还将阈值（阈值存储器 5204 的输出）传送至比较器 5203。比较器 5203 将传送过来的计数值与阈值进行比较，并在计数值小于阈值时，向逻辑或计算器 5201 传送“1”，而在计数值大于阈值时，向逻辑或计算器 5201 传送“0”。另一方面，阈值计算器 5207 根据从图 13 的估计噪声存储器 5042 传送过来的频域估计噪声功率谱来计算阈值，并将计算值作为阈值输出至阈值存储器 5206。最简单的阈值计算方法是将频域估 计噪声功率谱与常数相乘。作为另一方法，也可以使用高阶多项式和非线性函数来计算阈值。

[0178] 阈值存储器 5206 存储从阈值计算器 5207 输出的阈值，并将一帧前已存储的阈值输出至比较器 5205。比较器 5205 将从阈值存储器 5206 传送过来的阈值与从图 12 的分离器 502 传送过来的频域噪声话音功率谱进行比较，并在频域噪声话音功率谱小于阈值时，向逻辑或计算器 5201 传送“1”，而在频域噪声话音功率谱大于阈值时，向逻辑或计算器 5201 传送“0”。即，根据估计噪声功率谱的幅度来确定含噪声的话音信号是否是噪声。逻辑或计算器 5201 计算比较器 5203 的输出值和比较器 5205 的输出值的逻辑或，并将计算结果输出至图 13 的开关 5044、移位寄存器 5045 和计数器 5049。

[0179] 如上所述，在初始状态或静音间隔中以及当非静音间隔中含噪声的话音功率较小时，更新判决器 520 输出“1”。即，对估计噪声进行更新。由于针对每一频率来计算阈值，可以针对每一频率来更新估计噪声。

[0180] 图 15 是示出了图 6 所示的估计先验 SNR 计算器 7 的结构的方框图。估计先验 SNR 计算器 7 包括多值域限制器 701、后验 SNR 存储器 702、抑制系数存储器 703、复用乘法器 704 和 705、权重存储器 706、复用加权加法器 707 以及加法器 708。

[0181] 将从图 6 的频域 SNR 计算器 6 传送过来的后验 SNR $\gamma_n(k)$ (k = 0,1,…,K-1) 传送至后验 SNR 存储器 702 和加法器 708。后验 SNR 存储器 702 存储第 n 帧的后验 SNR $\gamma_n(k)$，并将第 n-1 帧的后验 SNR $\gamma_{n-1}(k)$ 传送至复用乘法器 705。将从图 6 的抑制系数修正器 15 传送过来的修正抑制系数 $\bar{G}_n(k)$ (k = 0,1, …,K-1) 传送至抑制系数存储器 703。抑制系数存储器 703 存储第 n 帧的修正抑制系数 $\bar{G}_n(k)$，并将第 n-1 帧的修正抑制系数 $\bar{G}_{n-1}(k)$ 传送至复用乘法器 704。

[0182] 复用乘法器 704 对传送过来的 $\bar{G}_n(k)$ 进行平方，以获得 $\bar{G}_n^2(k)$，并将 $\bar{G}_{n-1}^2(k)$ 传送至复用乘法器 705。复用乘法器 705 将 $\bar{G}_{n-1}^2(k)$ 与 $\gamma_{n-1}(k)$ (k = 0,1, …, K-1) 相乘以获得

$\bar{G}_{n-1}^2(k)\gamma_{n-1}(k)$，并将所获得的结果作为以往估计 SNR 922 传送至复用加权加法器 707。由于复用乘法器 704 和 705 的结构与参照图 7 所描述的复用乘法器 13 的结构相同，所以将省略对其的详细描述。

[0183] 向加法器 708 的另一端传送“-1”，并将求和结果 $\gamma_n(k)-1$ 传送至多值域限制器 701。多值域限制器 701 对从加法器 708 传送过来的求和结果 $\gamma_n(k)-1$ 施加值域限制运算符 P[•] 的运算，并将结果 $P[\gamma_n(k)-1]$ 作为瞬时估计 SNR 921 传送至复用加权加法器 707。P[x] 由以下等式定义。

[0184] [等式 12]

[0185] $$P[x]=\begin{cases}x, & x>0\\ 0, & x\le 0\end{cases} \qquad (12)$$

[0186] 还向复用加权加法器 707 传送来自权重存储器 706 的权重 923。复用加权加法器 707 通过使用传送过来的瞬时估计 SNR 921、以往估计 SNR922 和权重 923，来获得估计先验 SNR 924。如果假设权重 923 为 α，$\hat{\xi}_n(k)$为估计先验 SNR，则可以通过以下等式来计算 $\hat{\xi}_n(k)$。

[0187] [等式 13]

[0188] $$\hat{\xi}_n(k)=\alpha\gamma_{n-1}(k)\bar{G}_{n-1}^2(k)+(1-\alpha)P[\gamma_n(k)-1] \qquad (13)$$

[0189] 这里，假设 $\bar{G}_{-1}^2(k)\gamma_{-1}(k)=1$。

[0190] 图 16 是示出了图 15 所示的多值域限制器 701 的结构的方框图。多值域限制器 701 包括常数存储器 7011、最大值选择器 7012_0 至 7012_{K-1}、分离器 7013 和复用器 7014。向分离器 7013 传送来自图 15 的加法器 708 的 $\gamma_n(k)-1$。分离器 7013 将传送过来的 $\gamma_n(k)-1$ 分解为 K 个频域分量，并将这些频域分量传送至最大值选择器 7012_0 至 7012_{K-1}。向最大值选择器 7012_0 至 7012_{K-1} 的另一输入传送来自常数存储器 7011 的“0”。最大值选择器 7012_0 至 7012_{K-1} 将 $\gamma_n(k)-1$ 与“0”进行比较，以将较大的数值传送至复用器 7014。此最大值选择计算对应于以上等式 12。复用器 7014 对这些数值进行复用和输出。

[0191] 图 17 是示出了图 15 所示的复用加权加法器 707 的结构的方框图。复用加权加法器 707 包括加权加法器 7071_0 至 7071_{K-1}、分离器 7072 和 7074 以及复用器 7075。向分离器 7072 传送来自图 15 的多值域限制器 701 的、作为瞬时估计 SNR 921 的 $P[\gamma_n(k)-1]$。分离器 7072 将 $P[\gamma_n(k)-1]$ 分解为 K 个频域分量，并将这些频域分量作为频域瞬时估计 SNR 921_0 至 921_{K-1} 传送至加权加法器 7071_0 至 7071_{K-1}。向分离器 7074 传送来自图 15 的复用乘法器 705 的、作为以往估计 SNR 922 的 $\bar{G}_{n-1}^2(k)\gamma_{n-1}(k)$。

[0192] 分离器 7074 将 $\bar{G}_{n-1}^2(k)\gamma_{n-1}(k)$分解为 K 个频域分量，并将这些频域分量作为以往频域估计 SNR 922_0 至 922_{K-1} 传送至加权加法器 7071_0 至 7071_{K-1}。另一方面，还向加权加法器 7071_0 至 7071_{K-1} 传送权重 923。加权加法器 7071_0 至 7071_{K-1} 执行由上述等式 13 表示的加权加法，并将频域估计先验 SNR 924_0 至 924_{K-1} 传送至复用器 7075。复用器 7075 对频域估计先验 SNR 924_0 至 924_{K-1} 进行复用，并输出复用 SNR，作为估计先验 SNR 924。接下来，将参照图 18，对加权加法器 7071_0 至 7071_{K-1} 的操作和结构进行描述。

[0193] 图 18 是示出了图 17 所示的加权加法器 7071 的结构的方框图。加权加法器 7071

包括乘法器 7091 和 7093 以及加法器 7092 和 7094。作为每一输入，向加权加法器 7071 传送来自图 16 的分离器 7072 的频域瞬时估计 SNR921、来自图 17 的分离器 7074 的以往频域 SNR 922、和来自图 15 的权重存储器 706 的权重 923。将包括数值 α 的权重 923 传送至常数乘法器 7095 和乘法器 7093。常数乘法器 7095 将通过将输入信号与“-1”相乘所获得的 -α 传送至加法器 7094。

[0194] 向加法器 7094 的另一输入传送“1”，因此加法器 7094 的输出为 1-α（二者之和）。将 1-α 传送至乘法器 7091，并与另一输入（频域瞬时估计 SNR $P[\gamma_n(k)-1]$）相乘，并将乘积 $(1-\alpha)P[\gamma_n(k)-1]$ 传送至加法器 7092。另一方面，乘法器 7093 将作为权重 923 传送过来的 α 与以往估计 SNR 922 相乘，并将乘积 $\alpha\bar{G}_{n-1}^2(k)\gamma_{n-1}(k)$ 传送至加法器 7092。加法器 7092 输出 $(1-\alpha)P[\gamma_n(k)-1]$ 与 $\alpha\bar{G}_{n-1}^2(k)\gamma_{n-1}(k)$ 的和，作为频域估计先验 SNR904。

[0195] 图 19 是示出了图 6 所示的噪声抑制系数发生器 8 的结构的方框图。噪声抑制系数发生器 8 包括 MMSE STSA 增益函数值计算器 811、广义似然比计算器 812 和抑制系数计算器 814。下面，将根据在非专利文献 2(IEEE TRANSACTIONS ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNALPROCESSING, VOL. 32, NO. 6, 第 1109 ～ 1121 页，1984 年 12 月）中 所描述的计算等式，来描述抑制系数的计算方法。

[0196] 假设帧数为 n，频率数为 k，$\gamma_n(k)$ 是从图 6 的频域 SNR 计算器 6 传送过来的频域后验 SNR，$\hat{\xi}_n(k)$ 是从图 6 的估计先验 SNR 计算器 7 传送过来的频域估计先验 SNR，以及 q 是从图 6 的语音缺失概率存储器 21 传送过来的语音缺失概率。此外，假设

[0197] $$\eta_n(k)=\hat{\xi}_n(k)\Big/(1-q)$$

[0198] $$v_n(k)=\left(\eta_n(k)\gamma_n(k)\right)\Big/\left(1+\eta_n(k)\right)$$

[0199] MMSE STSA 增益函数值计算器 811 根据从图 6 的频域 SNR 计算器 6 传送过来的后验 SNR $\gamma_n(k)$、从图 6 的估计先验 SNR 计算器 7 传送过来的估计先验 SNR $\hat{\xi}_n(k)$、以及从图 6 的语音缺失概率存储器 21 传送过来的语音缺失概率 q，计算每一频率的 MMSE STSA 增益函数值，并将 MMSESTSA 增益函数值输出至抑制系数计算器 814。

[0200] 每一频率的 MMSE STSA 增益函数值 $G_n(k)$ 由以下等式表示。

[0201] [等式 14]

[0202] $$G_n(k)=\frac{\sqrt{\pi}}{2}\frac{\sqrt{v_n(k)}}{\gamma_n(k)}\exp\left(-\frac{v_n(k)}{2}\right)\left[\left(1+v_n(k)\right)I_0\left(\frac{v_n(k)}{2}\right)+v_n(k)I_1\left(\frac{v_n(k)}{2}\right)\right] \quad (14)$$

[0203] 这里，$I_0(z)$ 是 0 阶修正贝塞尔函数，以及 $I_1(z)$ 是 1 阶修正贝塞尔函数。在非专利文献 3(MATHEMATICS DICTIONARY, IWANAMI BOOK SHOP, 第 374.G 页，1985 年）中描述了修正贝塞尔函数。

[0204] 广义似然比计算器 812 根据从图 6 的频域 SNR 计算器 6 传送过来的后验 SNR $\gamma_n(k)$、从图 6 的估计先验 SNR 计算器 7 传送过来的估计先验 SNR $\hat{\xi}_n(k)$、以及从图 6 的语音缺失概率存储器 21 传送过来的语音缺失概率 q，来计算每一频率的广义似然比，并将广义似然比输出至抑制系数计算器 814。

[0205] 每一频率的广义似然比 $\Lambda_n(k)$ 由以下等式表示。

[0206] [等式 15]

[0207] $$\Lambda_n(k)=\frac{1-q}{q}\frac{\exp\left(v_n(k)\right)}{1+\eta_n(k)} \qquad (15)$$

[0208] 抑制系数计算器 814 根据从 MMSE STSA 增益函数值计算器 811 传送过来的 MMSE STSA 增益函数值 $G_n(k)$ 和从广义似然比计算器 812 传送过来的广义似然比 $\Lambda_n(k)$，计算每一频率的抑制系数，并将抑制系数输出至图 6 的抑制系数修正器 15。每一频率的抑制系数 $\bar{G}_n(k)$ 由以下等式表示。

[0209] [等式 16]

[0210] $$\bar{G}_n(k)=\frac{\Lambda_n(k)}{\Lambda_n(k)+1}G_n(k) \qquad (16)$$

[0211] 代替计算每一频率的 SNR，也可以计算和使用在包括多个频率在内的频带内公用的 SNR。

[0212] 图 20 是示出了图 6 所示的抑制系数修正器 15 的结构的方框图。抑制系数修正器 15 包括频域抑制系数修正器 1501_0 至 1501_{K-1}、分离器 1502 和 1503 以及复用器 1504。

[0213] 分离器 1502 将从图 6 的估计先验 SNR 计算器 7 传送过来的估计先验 SNR 分解为频域分量，并将这些频域分量分别输出至频域抑制系数修正器 1501_0 至 1501_{K-1}。分离器 1503 将从图 6 的噪声抑制系数发生器 8 传送过来的抑制系数分解为频域分量，并将这些频域分量分别输出至频域抑制系数修正器 1501_0 至 1501_{K-1}。

[0214] 频域抑制系数修正器 1501_0 至 1501_{K-1} 根据从分离器 1502 传送过来的频域估计先验 SNR 和从分离器 1503 传送过来的频域抑制系数，来计算频域修正抑制系数，并将频域修正抑制系数输出至复用器 1504。复用器 1504 对从频域抑制系数修正器 1501_0 至 1501_{K-1} 传送过来的频域修正抑制系数进行复用，并将复用频域修正抑制系数作为修正抑制系数输出至图 6 的复用乘法器 16 和估计先验 SNR 计算器 7。

[0215] 接下来，将参照图 21，对频域抑制系数修正器 1501_0 至 1501_{K-1} 的结构和操作进行详细描述。

[0216] 图 21 是示出了包括在抑制系数修正器 15 中的频域抑制系数修正器 1501_0 至 1501_{K-1} 的结构的方框图。频域抑制系数修正器 1501 包括最大值选择器 1591、抑制系数下限值存储器 1592、阈值存储器 1593、比较器 1594、开关 1595、修正值存储器 1596 和乘法器 1597。

[0217] 比较器 1594 将从阈值存储器 1593 传送过来的阈值与从图 20 的分离器 1502 传送过来的频域估计先验 SNR 进行比较，当频域估计先验 SNR 大于阈值时，比较器 1594 向开关 1595 传送“0”，而当频域估计先验 SNR 小于阈值时，比较器 1594 向开关 1595 传送“1”。当比较器 1594 的输出值为“1”时，开关 1595 将从图 20 的分离器 1503 传送过来的频域抑制系数输出至乘法器 1597，以及当输出值为“0”时，将频域抑制系数输出至最大值选择器 1591。即，当频域估计先验 SNR 小于阈值时，对抑制系数进行修正。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，并将所述乘积输出至最大值选择器 1591。

[0218] 另一方面，抑制系数下限值存储器 1592 向最大值选择器 1591 传送所存储的抑制系数的下限值。最大值选择器 1591 将从图 20 的分离器 1503 传送过来的频域抑制系数或由乘法器 1597 计算出的乘积与从抑制系数下限值存储器 1592 传送过来的抑制系数下限值

进行比较，并将较大的数值输出至图 20 的复用器 1504。即，抑制系数必将变为比抑制系数下限值存储器 1592 所存储的下限值大的数值。

[0219] 在所有上述典型实施例中，虽然假设采用最小均方短时谱幅度方法作为噪声抑制方法，但是这些实施例也可以应用于其他噪声抑制方法。这些噪声抑制方法的示例包括：在非专利文献 4(PROCEEDINGS OFTHE IEEE，VOL.67，NO.12，第 1586 ～ 1604 页，1979 年 12 月）中所公开的维纳滤波器方法；以及在非专利文献 5(IEEE TRANSACTIONS ONACOUSTICS，SPEECH，AND SIGNAL PROCESSING，VOL.27，NO.2，第 113 ～ 120 页，1979 年 4 月）中所公开的谱扣除方法，这里省略了对上述方法结构示例的详细描述。

[0220] 上述每一典型实施例的噪声抑制设备均可以计算机设备来进行配置，所述计算机设备包括：用于蓄积程序等的存储设备、设置有按键和开关的操作单元、诸如 LCD 等的显示设备、以及通过接收来自操作单元的输入来控制每一部件的操作的控制设备。当控制设备执行存储在存储设备中的程序时，将实现上述每一典型实施例的噪声抑制设 备的操作。程序可以预先存储在存储设备中，或者可以将其写入诸如 CD-ROM 等记录介质来提供给用户。也可以通过网络来提供所述程序。

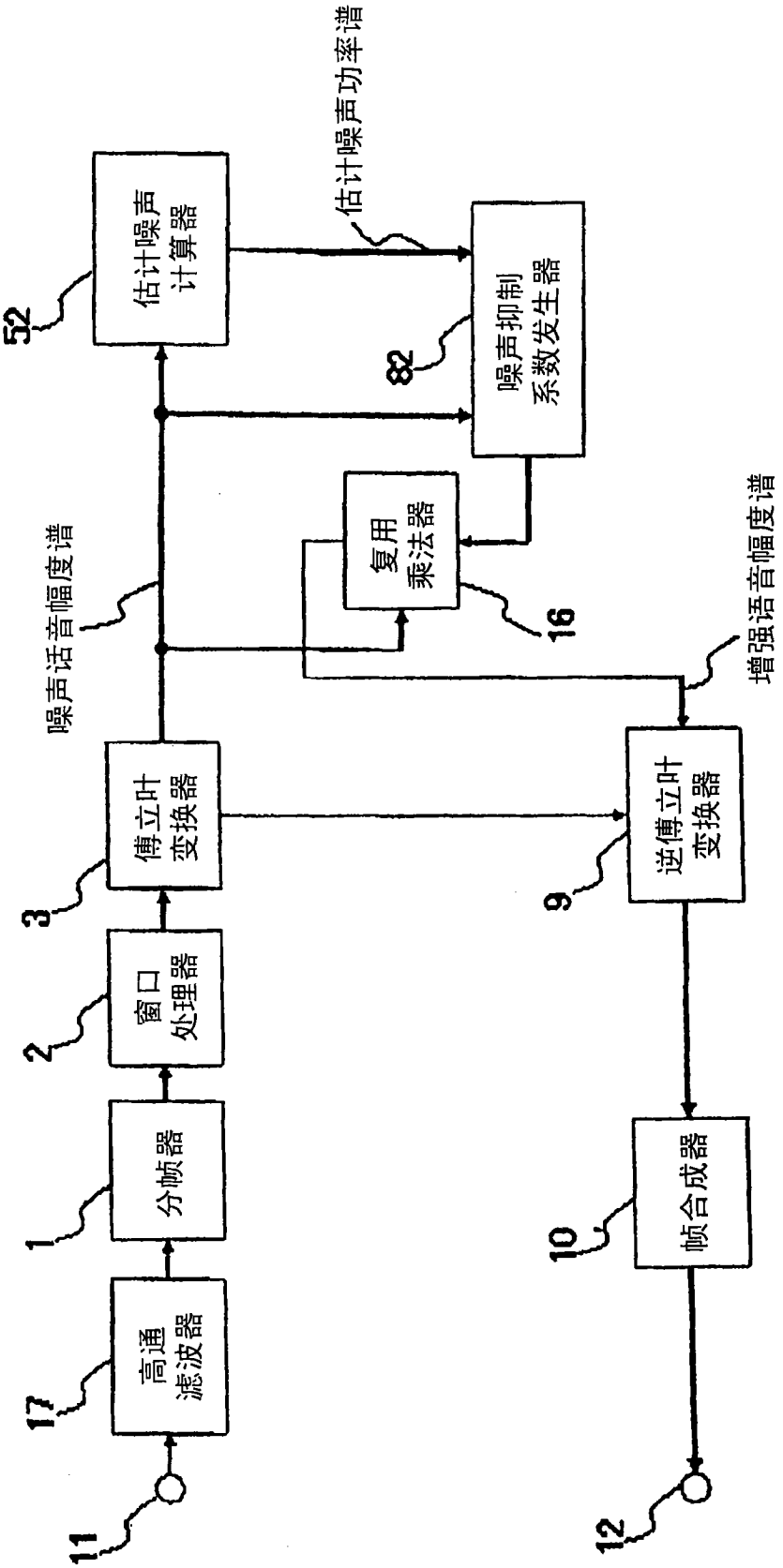

估计噪声功率谱
估计噪声
计算器
52
噪声抑制
系数发生器
82
复用
乘法器
16
噪声话音幅度谱
增强话音幅度谱
傅立叶
变换器
3
逆傅立叶
变换器
9
窗口
处理器
2
分帧器
1
高通
滤波器
17
帧合成器
10
11
12

图 1

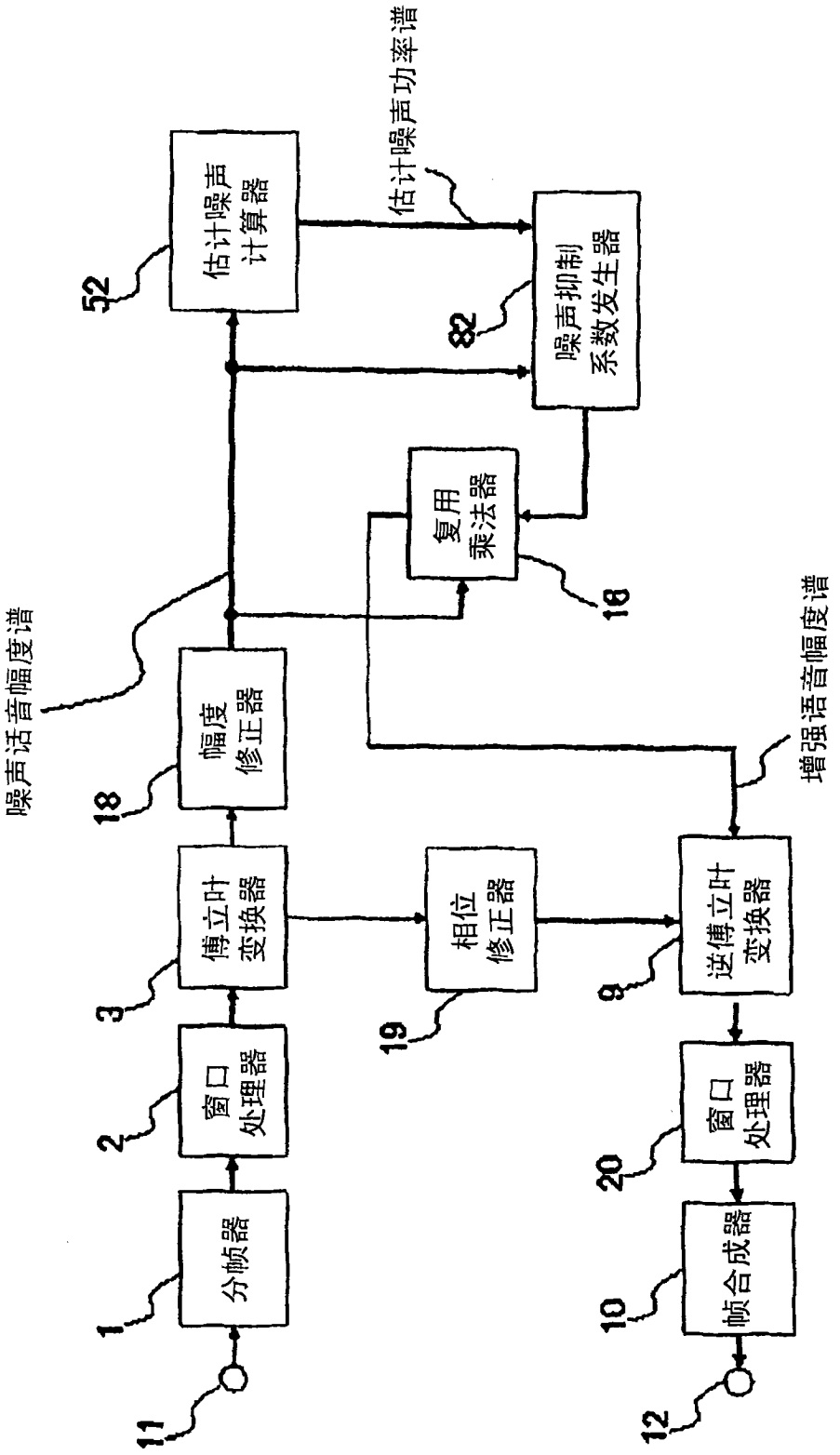

分帧器
1
窗口处理器
2
傅立叶变换器
3
幅度修正器
18
噪声话音幅度谱
估计噪声计算器
52
估计噪声功率谱
噪声抑制系数发生器
82
复用乘法器
18
相位修正器
19
逆傅立叶变换器
9
增强语音幅度谱
窗口处理器
20
帧合成器
10
11
12

图 2

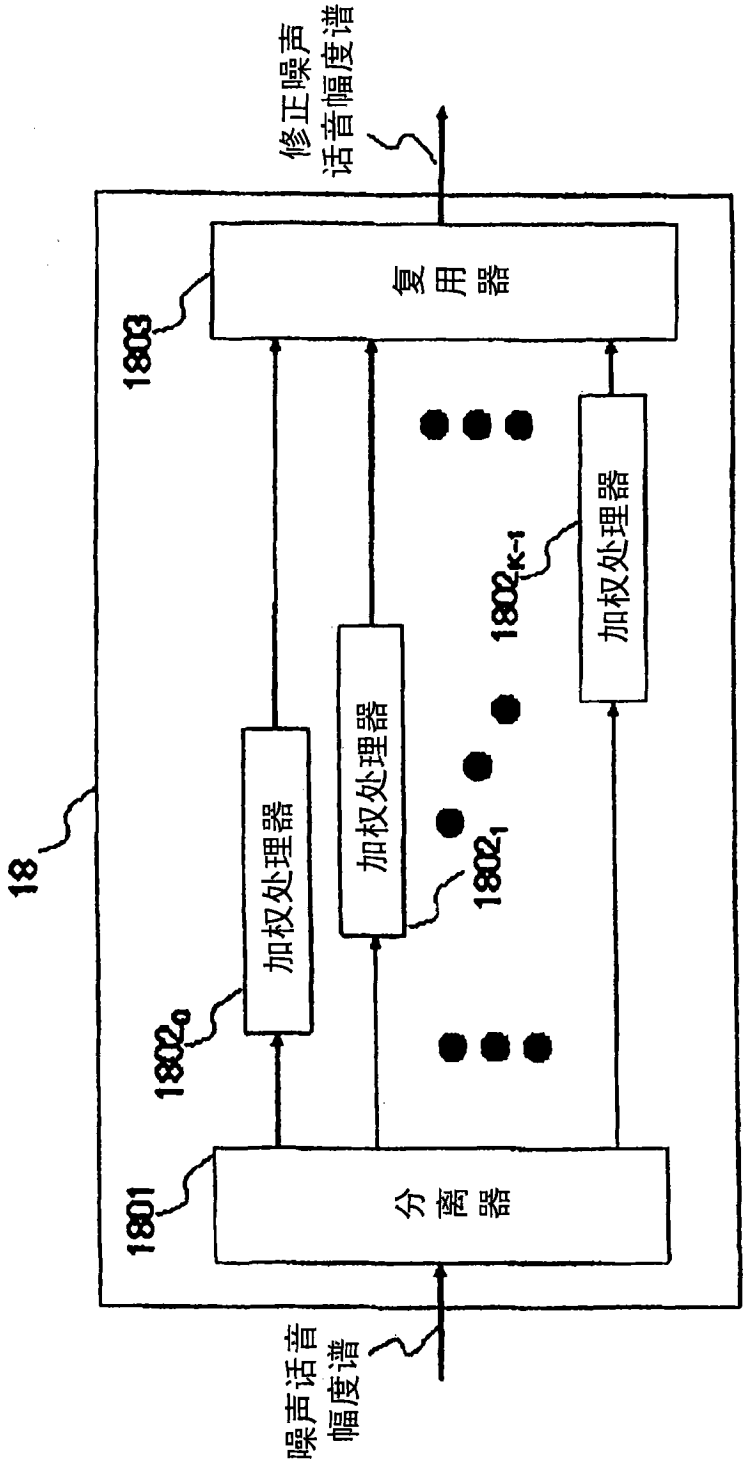

修正噪声
话音幅度谱
复用器
1803
加权处理器
加权处理器
加权处理器
1802K-1
1802₁
1802₀
18
分离器
1801
噪声话音
幅度谱

图 3

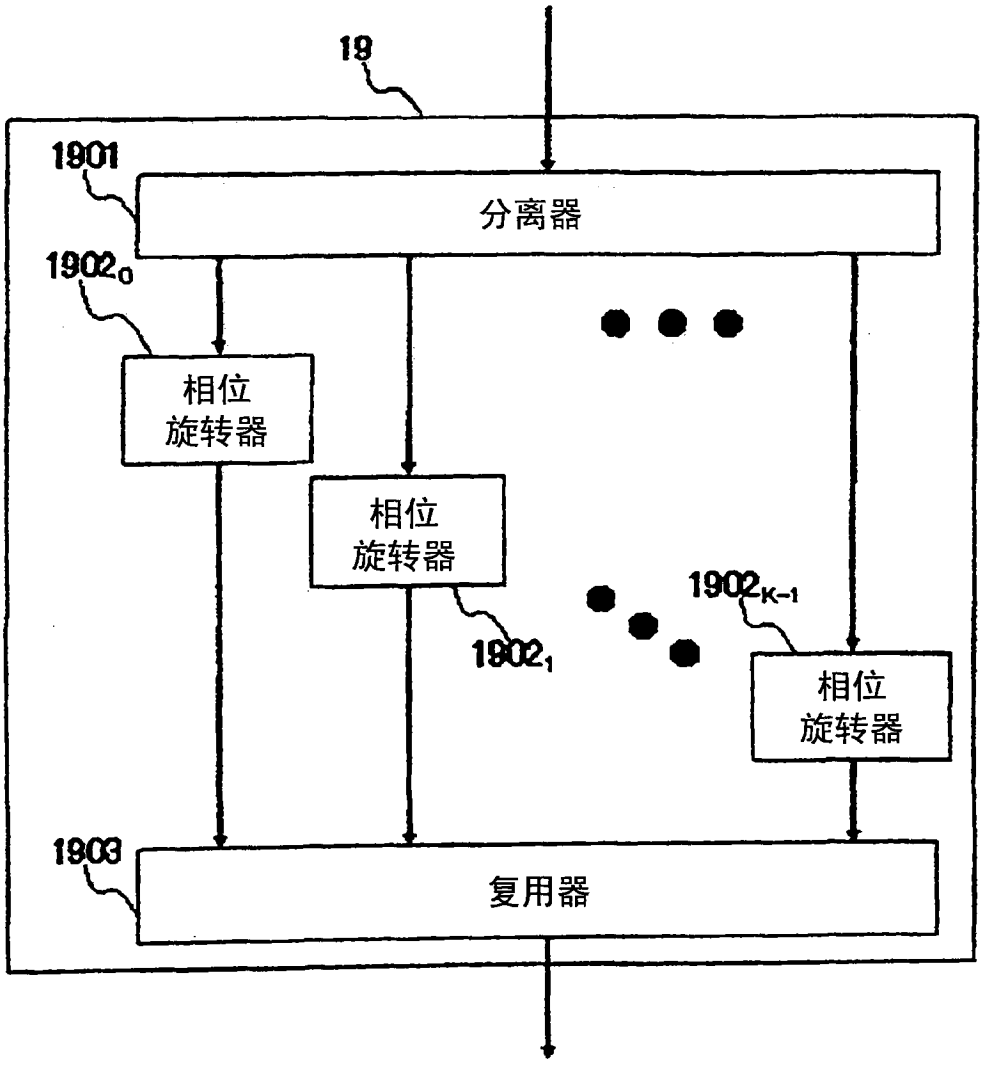


图 4

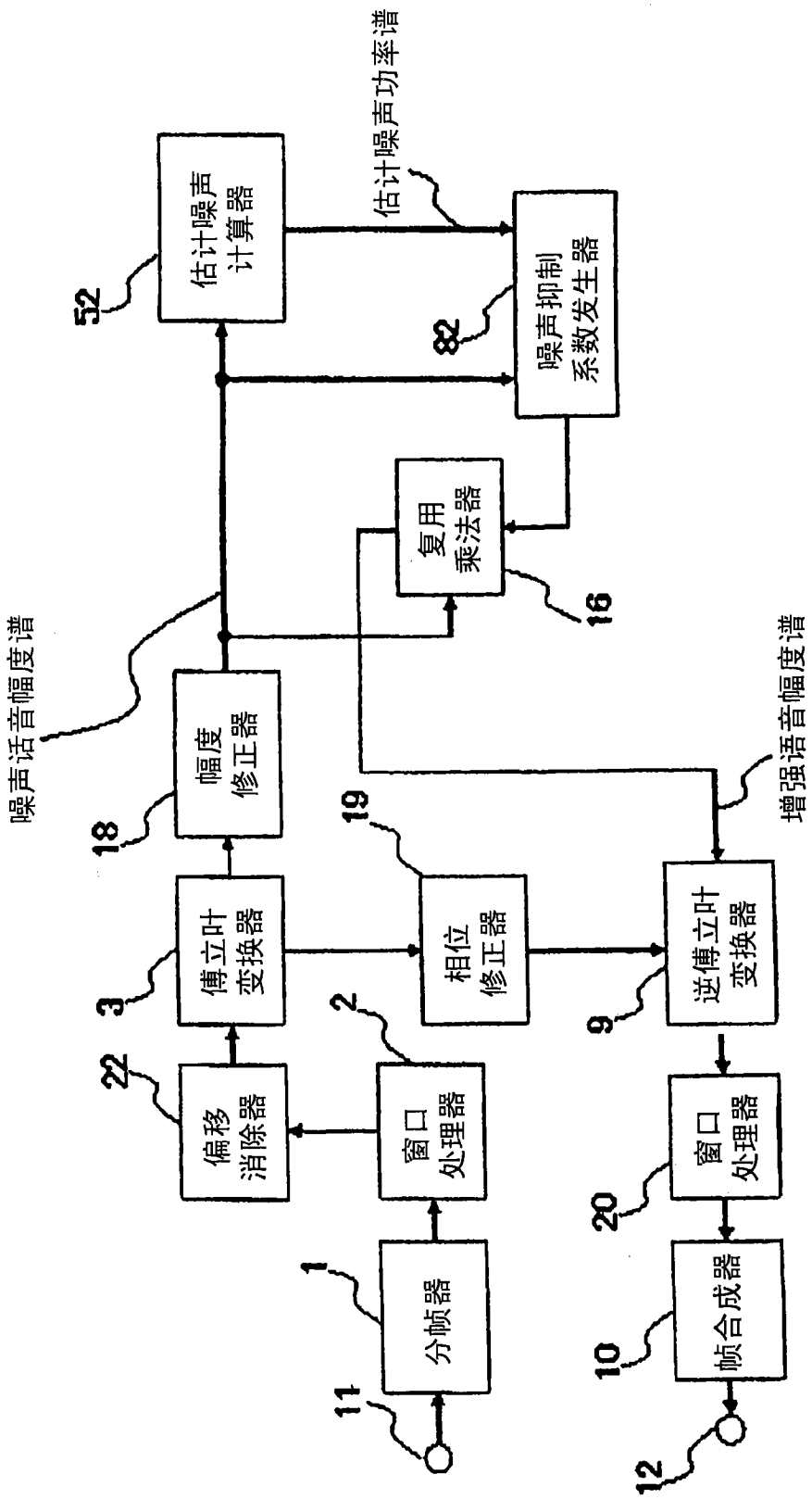

估计噪声功率谱
估计噪声计算器
52
噪声抑制系数发生器
82
复用乘法器
16
噪声话音幅度谱
幅度修正器
18
19
增强语音幅度谱
傅立叶变换器
3
相位修正器
逆傅立叶变换器
9
2
22
偏移消除器
窗口处理器
窗口处理器
20
1
分帧器
帧合成器
10
11
12

图 5

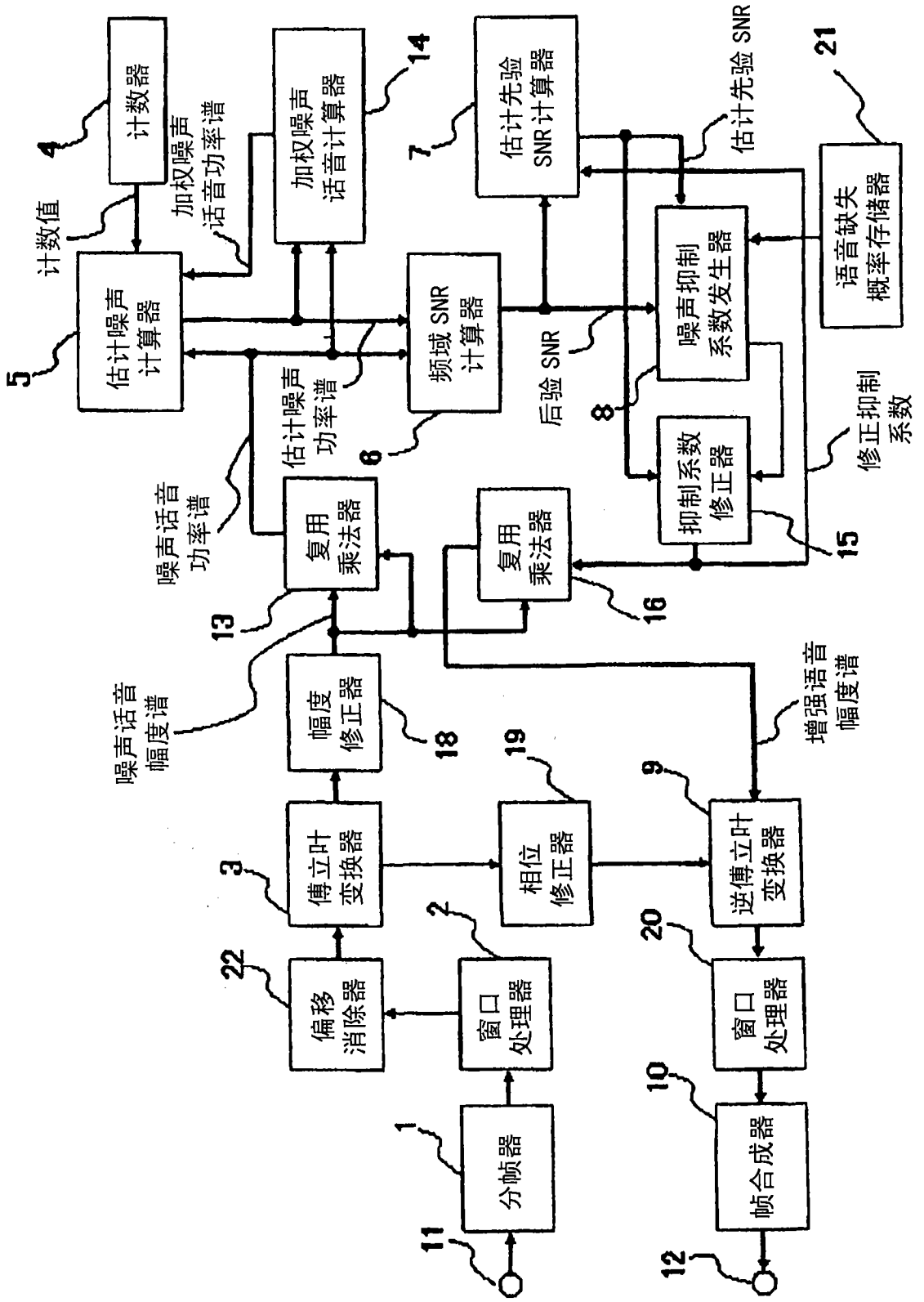

计数器
4
计数值
加权噪声
话音功率谱
加权噪声
话音计算器
14
估计先验
SNR计算器
7
估计先验 SNR
21
语音缺失
概率存储器
5
估计噪声
计算器
频域 SNR
计算器
后验 SNR
噪声抑制
系数发生器
8
估计噪声
功率谱
6
噪声话音
功率谱
复用
乘法器
抑制系数
修正器
修正抑制
系数
15
13
复用
乘法器
16
噪声话音
幅度谱
幅度
修正器
18
增强语音
幅度谱
19
9
傅立叶
变换器
3
相位
修正器
逆傅立叶
变换器
22
2
20
偏移
消除器
窗口
处理器
窗口
处理器
1
10
分帧器
帧合成器
11
12

图 6

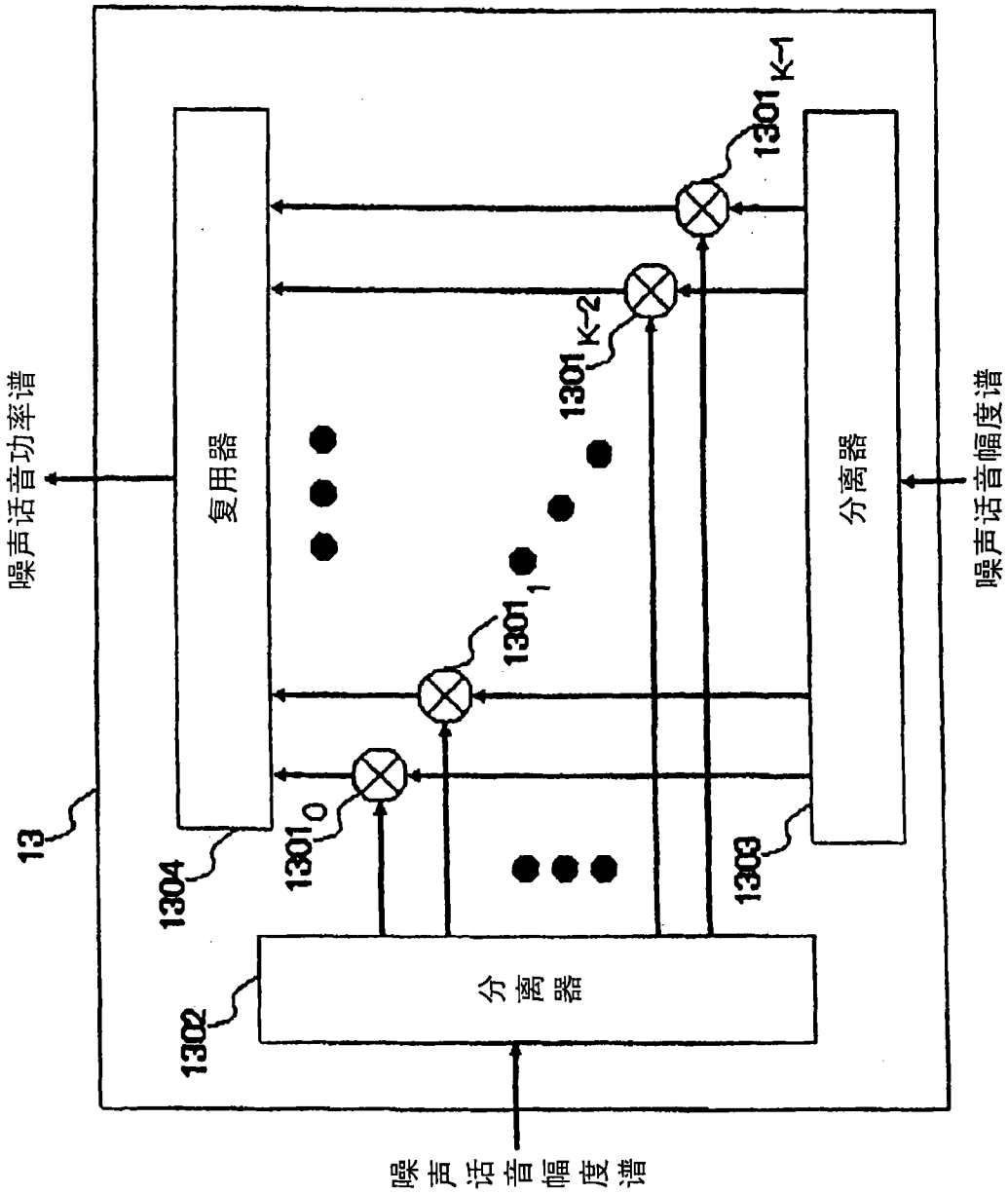

噪声话音功率谱
复用器
分离器
噪声话音幅度谱
13
1304
1301 0
1301 1
1301 K-2
1301 K-1
1303
1302
分离器
噪声话音幅度谱

图 7

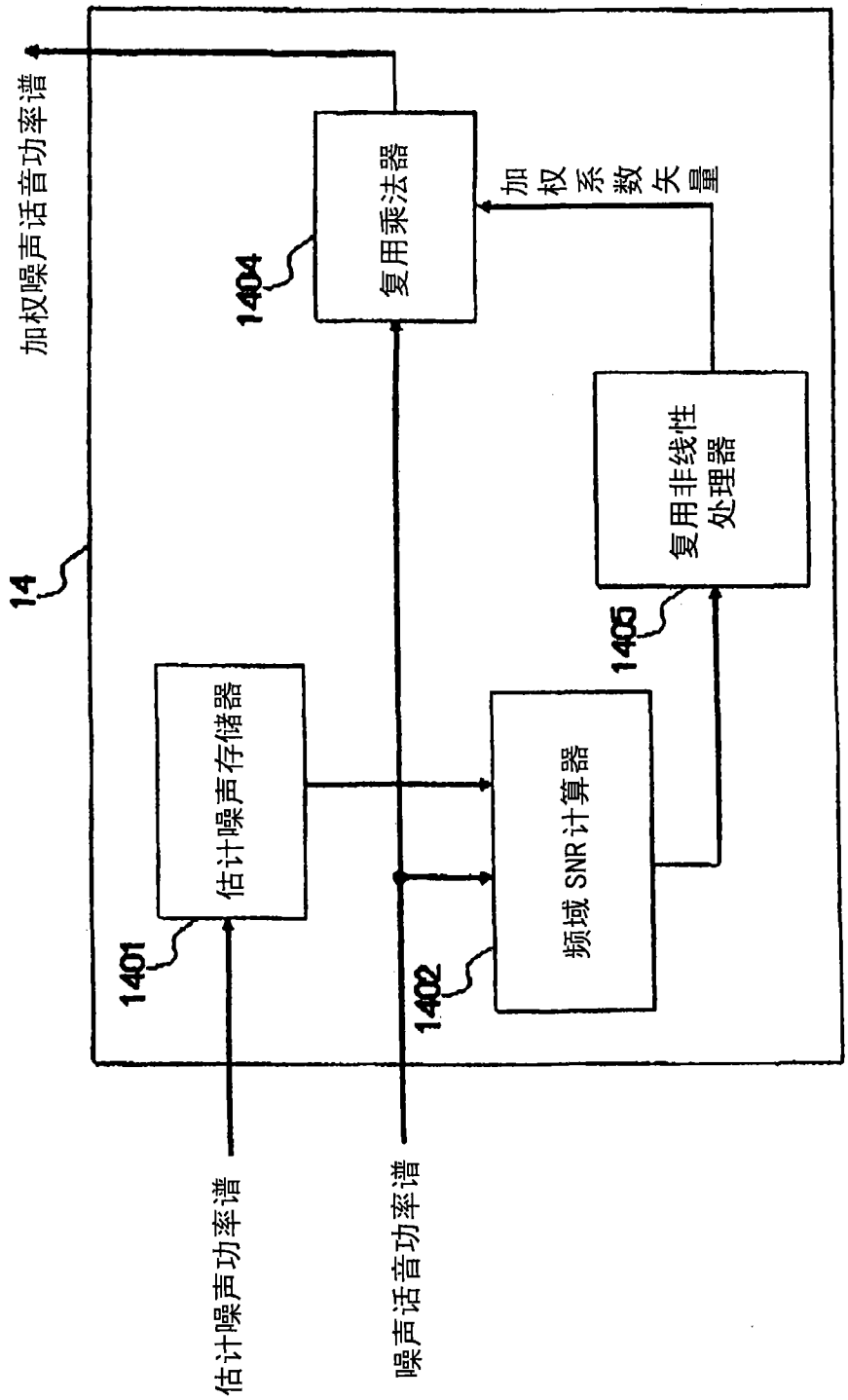

加权噪声话音功率谱
14
复用乘法器
1404
加权系数矢量
复用非线性处理器
1405
估计噪声存储器
1401
频域 SNR 计算器
1402
估计噪声功率谱
噪声话音功率谱

图 8

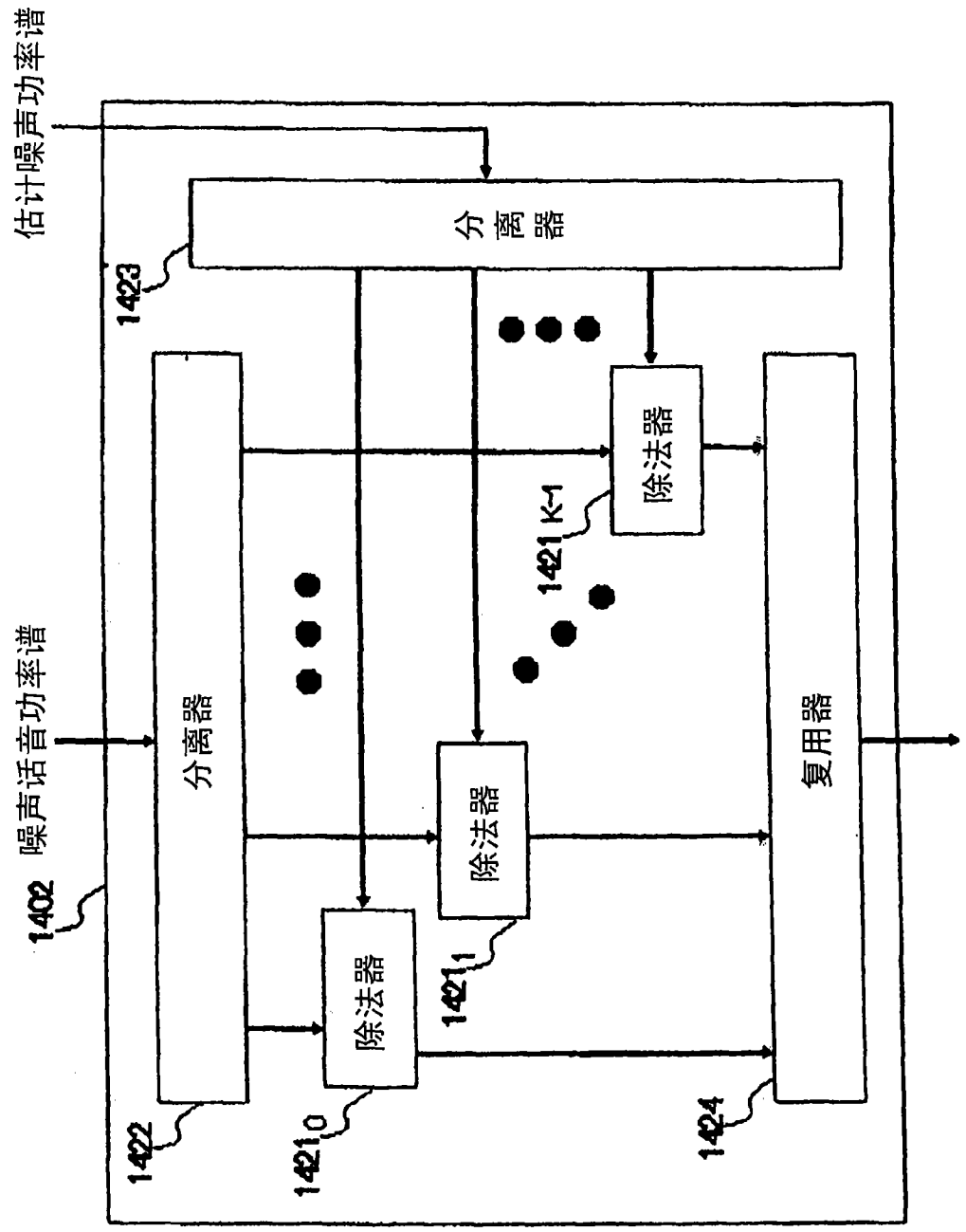

估计噪声功率谱
分离器
1423
除法器
1421 K-1
噪声话音功率谱
1402
分离器
除法器
1421 1
除法器
复用器
1422
1421 0
1424

图 9

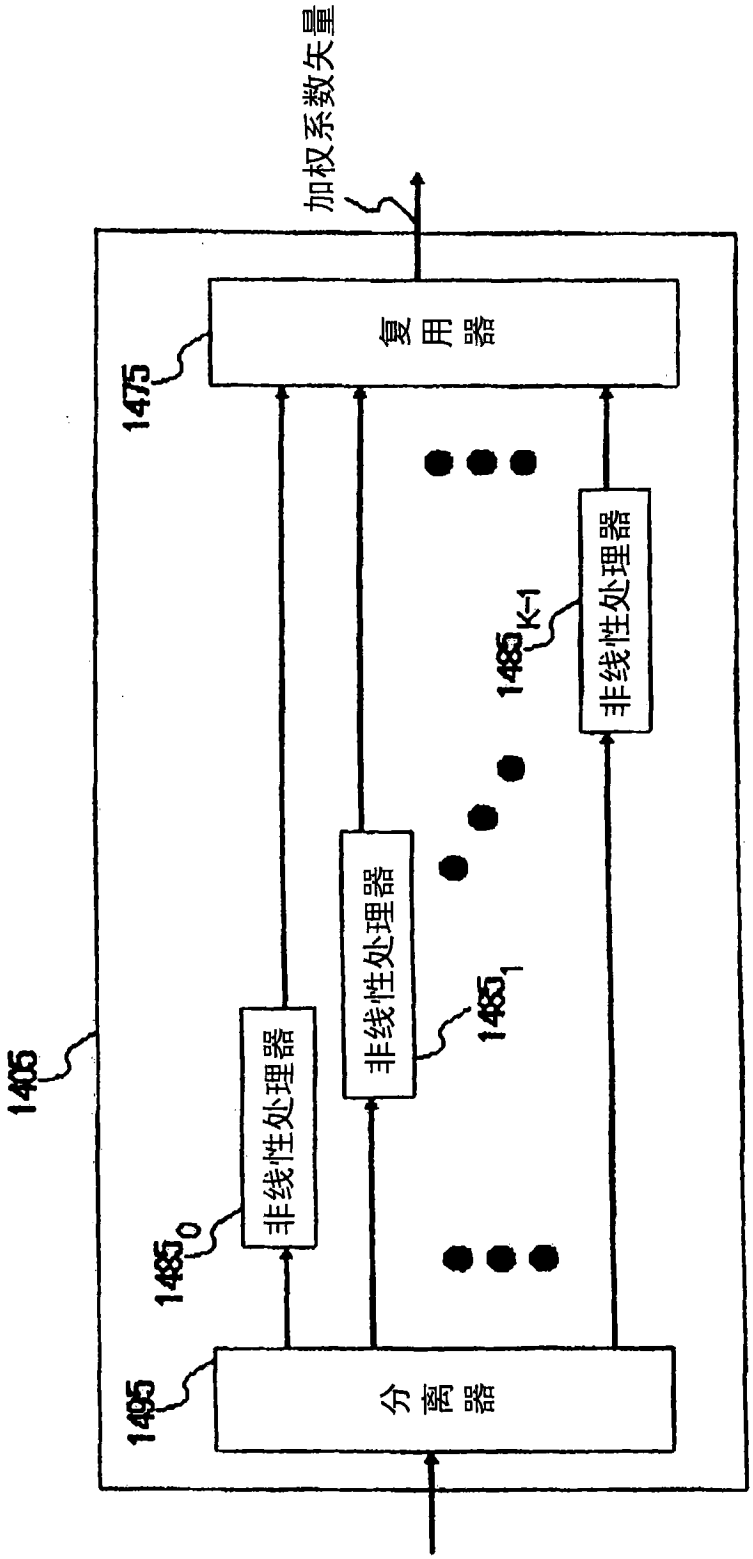

加权系数矢量
复用器
1475
非线性处理器
1485K-1
非线性处理器
1485 1
非线性处理器
1485 0
1405
分离器
1495

图 10

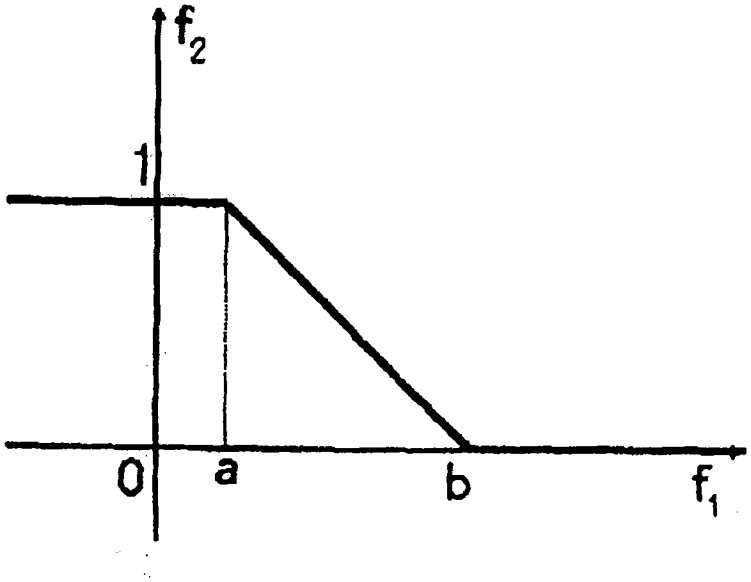


图 11

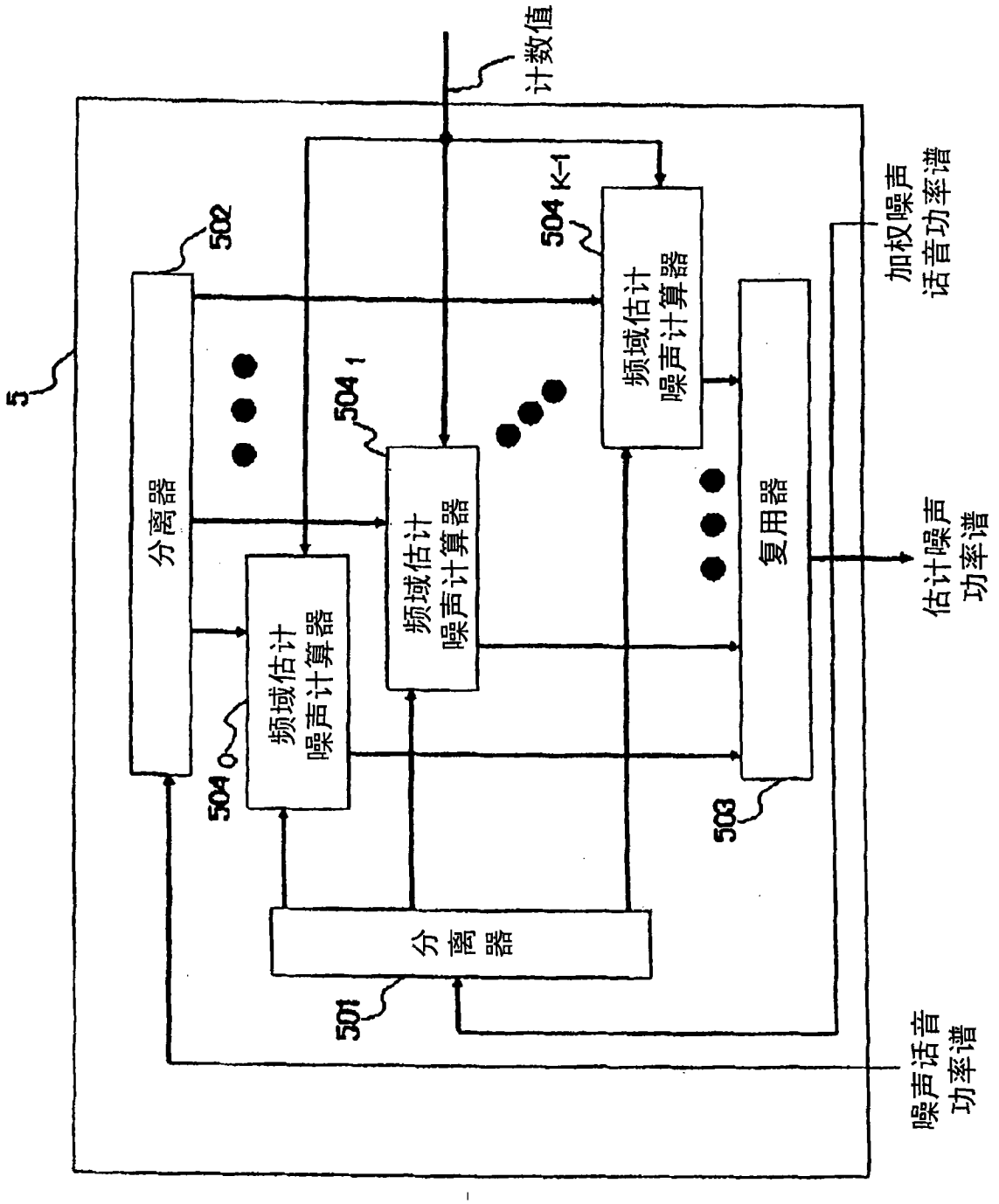

计数值
5
502
分离器
504 0
频域估计
噪声计算器
504 1
频域估计
噪声计算器
504 K-1
频域估计
噪声计算器
复用器
503
分离器
501
加权噪声
话音功率谱
估计噪声
功率谱
噪声话音
功率谱

图 12

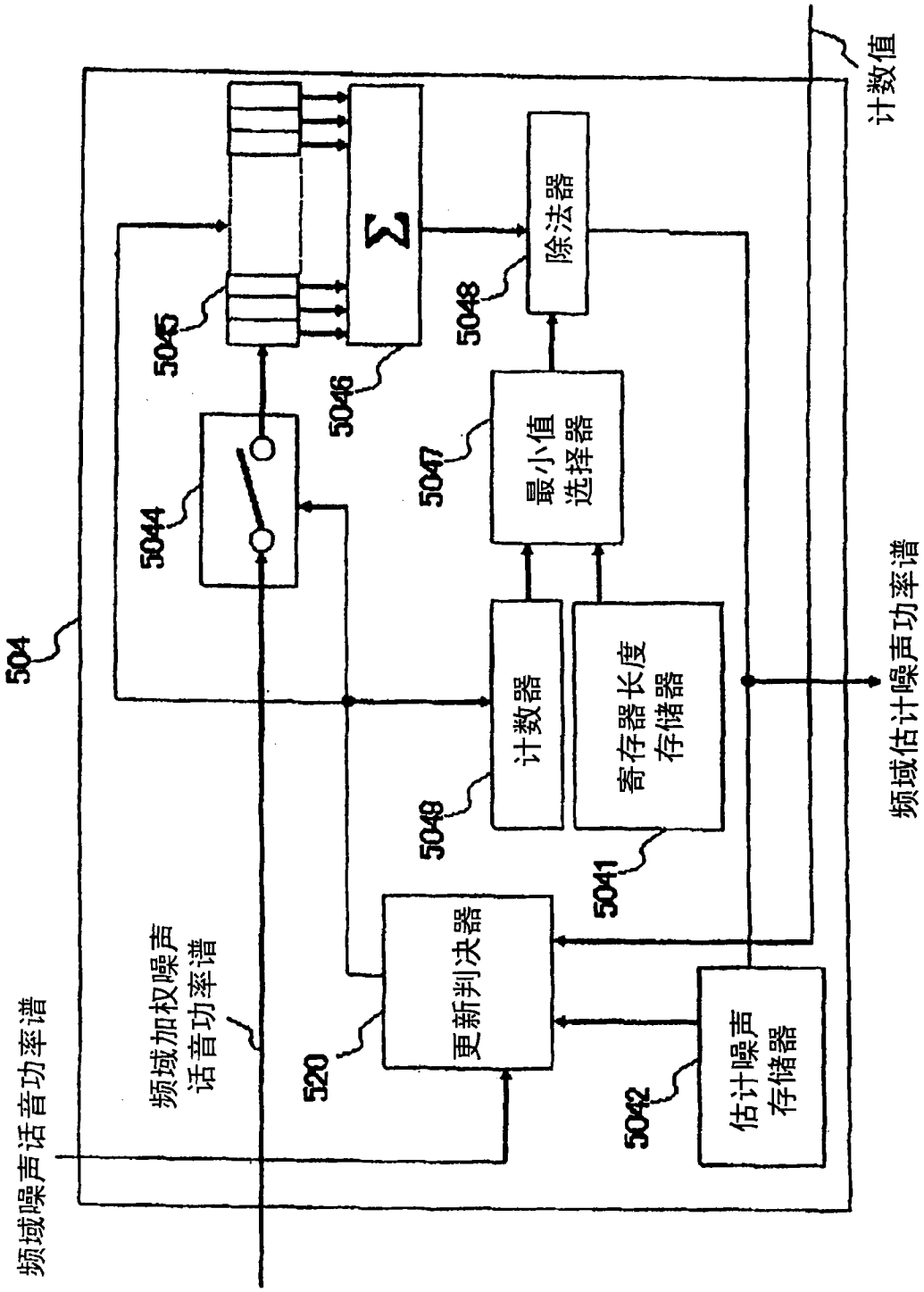

频域噪声话音功率谱
频域加权噪声
话音功率谱
504
5044
5045
Σ
5046
除法器
5048
最小值
选择器
5047
计数器
寄存器长度
存储器
5041
更新判决器
520
估计噪声
存储器
5042
计数值
频域估计噪声功率谱

图 13

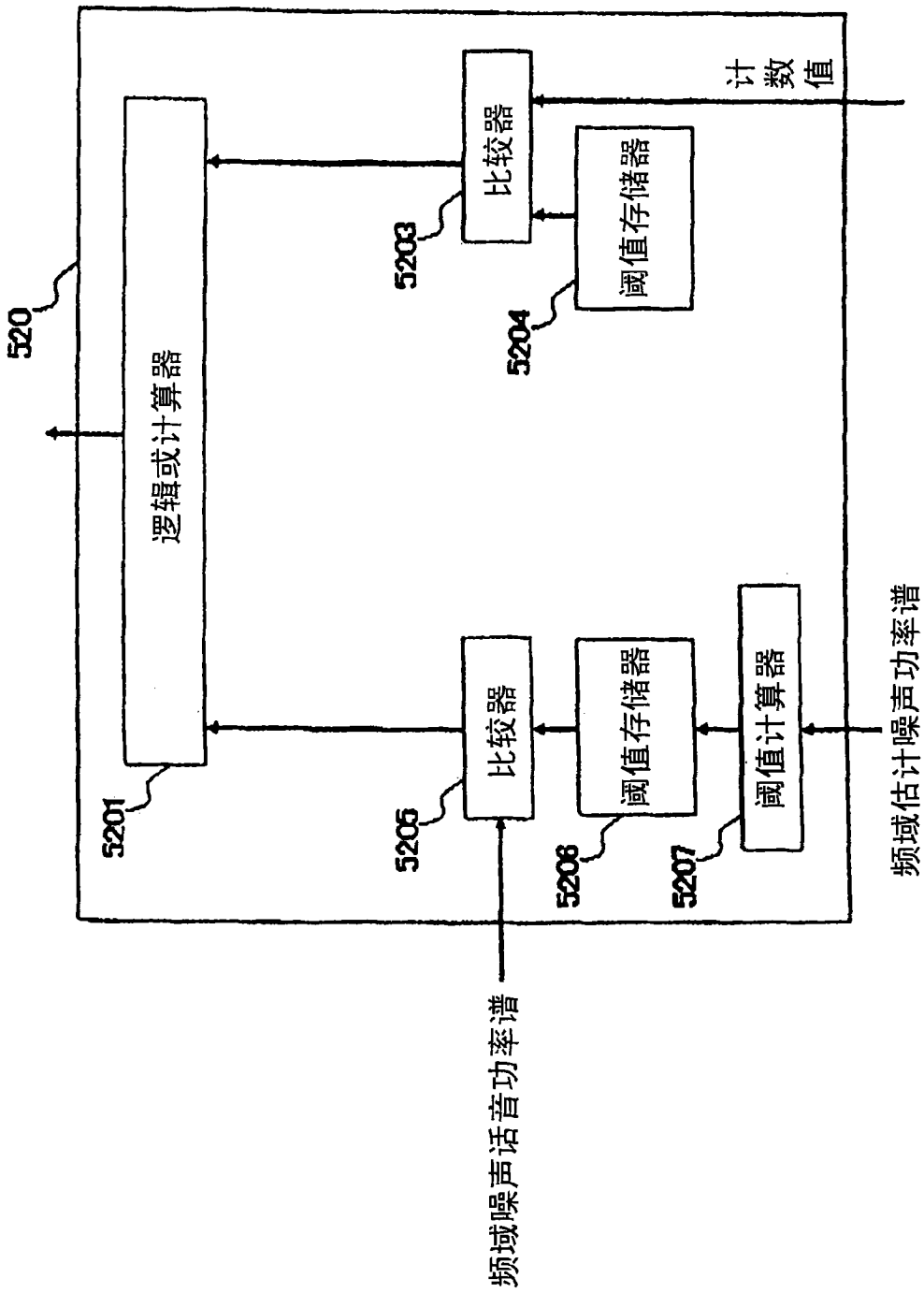

520
逻辑或计算器
5201
比较器
5203
阈值存储器
5204
计数值
比较器
5205
阈值存储器
5206
阈值计算器
5207
频域噪声话音功率谱
频域估计噪声功率谱

图 14

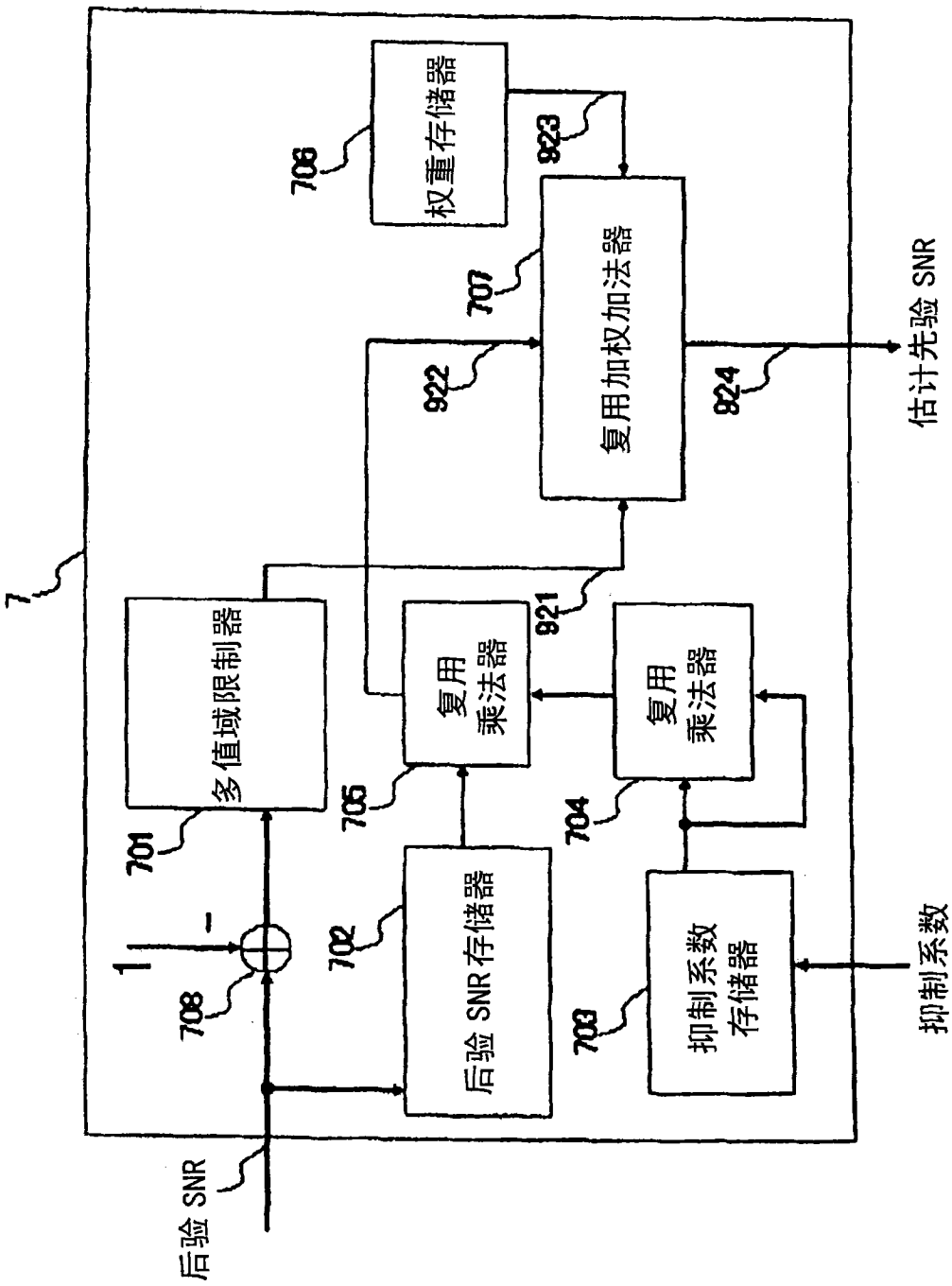

7
后验 SNR
1
-
708
701
多值域限制器
702
后验 SNR 存储器
705
复用
乘法器
704
复用
乘法器
703
抑制系数
存储器
抑制系数
921
922
707
复用加权加法器
923
706
权重存储器
924
估计先验 SNR

图 15

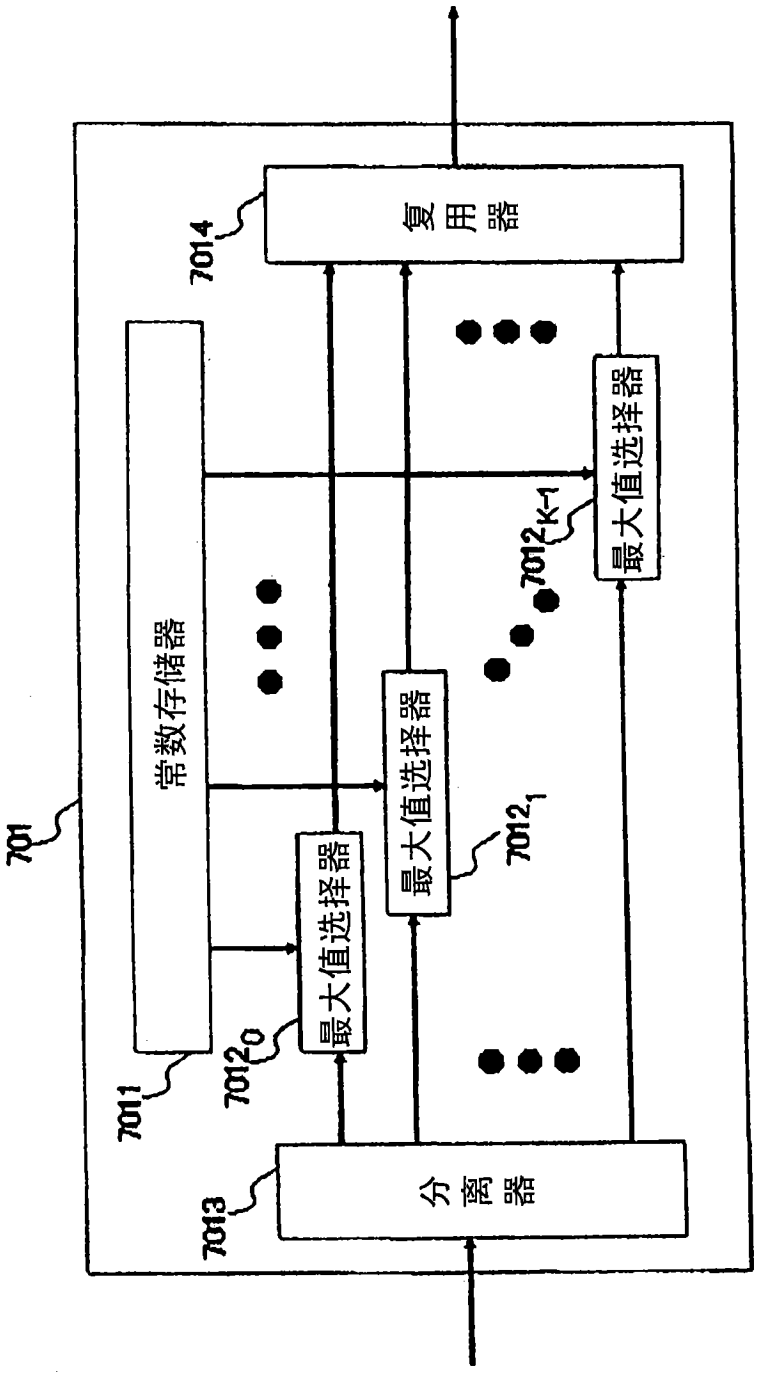

701
常数存储器
7011
7012$_0$
最大值选择器
7012$_1$
最大值选择器
7012$_{K-1}$
最大值选择器
7013
分离器
7014
复用器

图 16

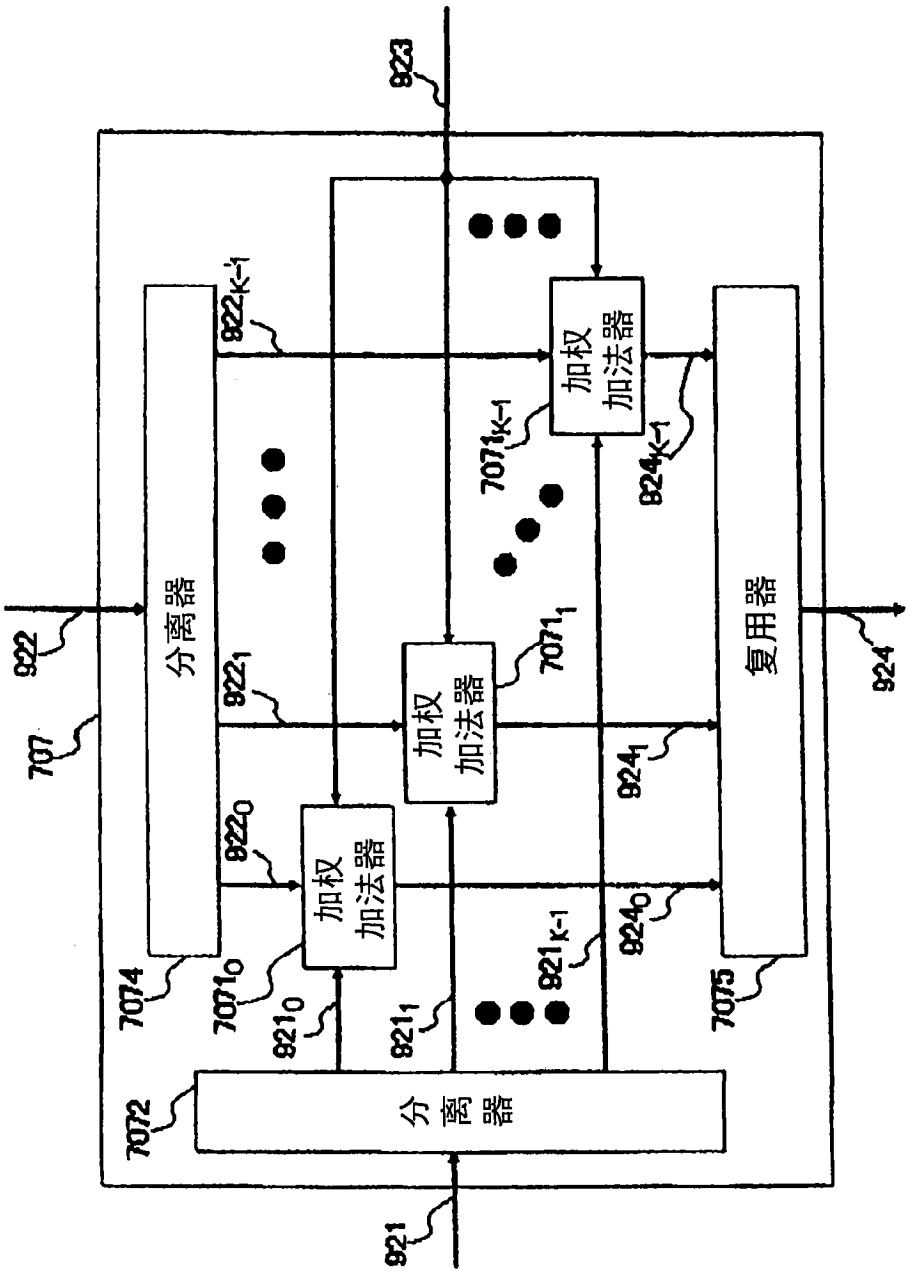

923
922
707
分离器
922_{K-1}
922_1
922_0
加权加法器
加权加法器
加权加法器
7071_{K-1}
7071_1
7071_0
824_{K-1}
824_1
824_0
复用器
924
7074
7075
821_0
821_1
821_{K-1}
7072
分离器
921

图 17

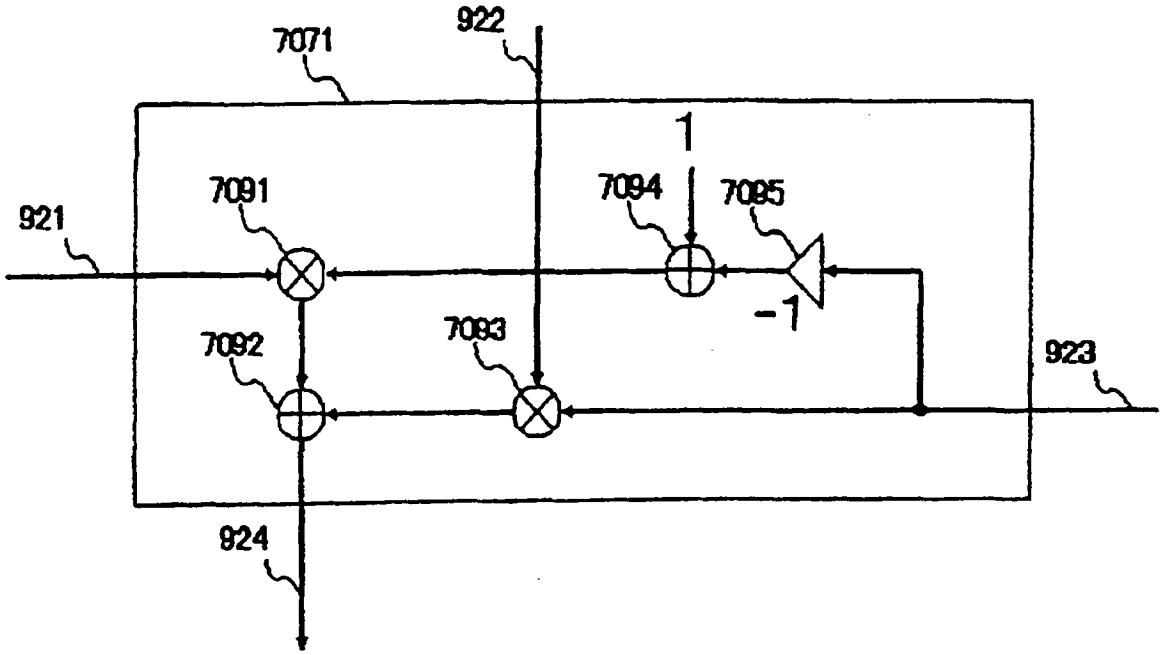


图 18

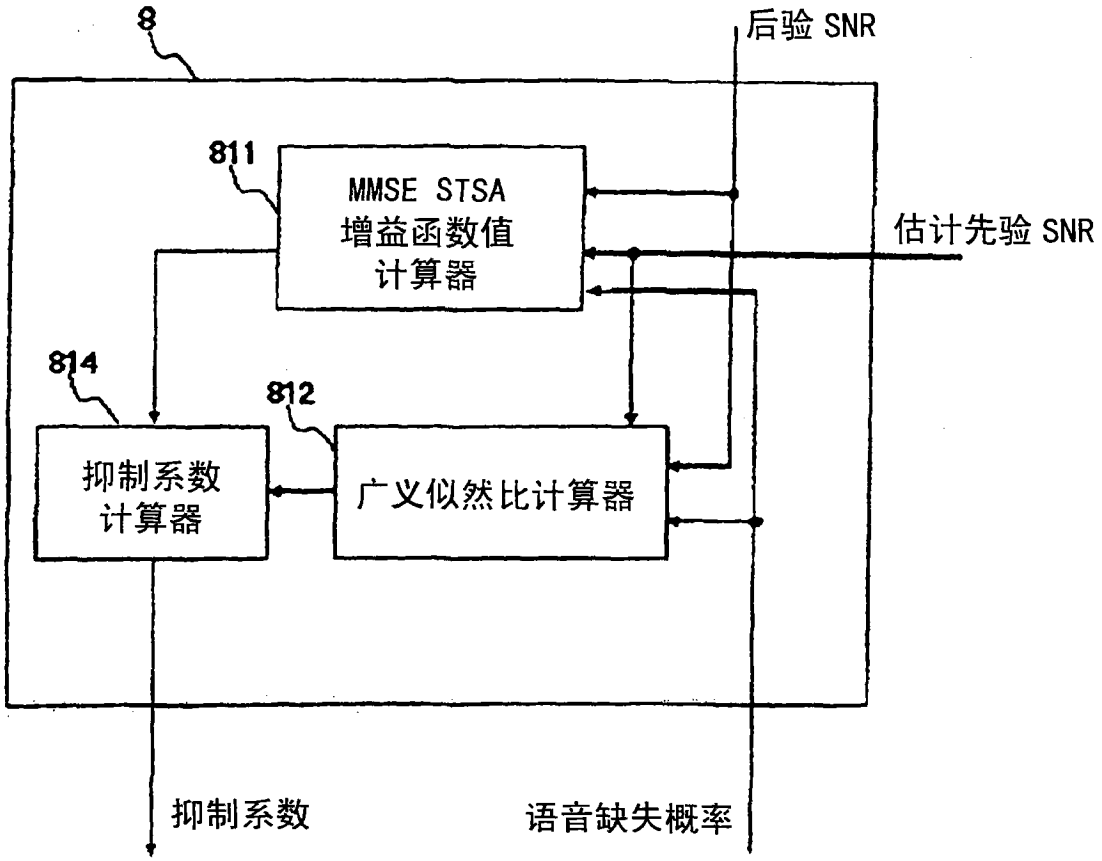

8
后验 SNR
811
MMSE STSA
增益函数值
计算器
估计先验 SNR
814
812
抑制系数
计算器
广义似然比计算器
抑制系数
语音缺失概率

图 19

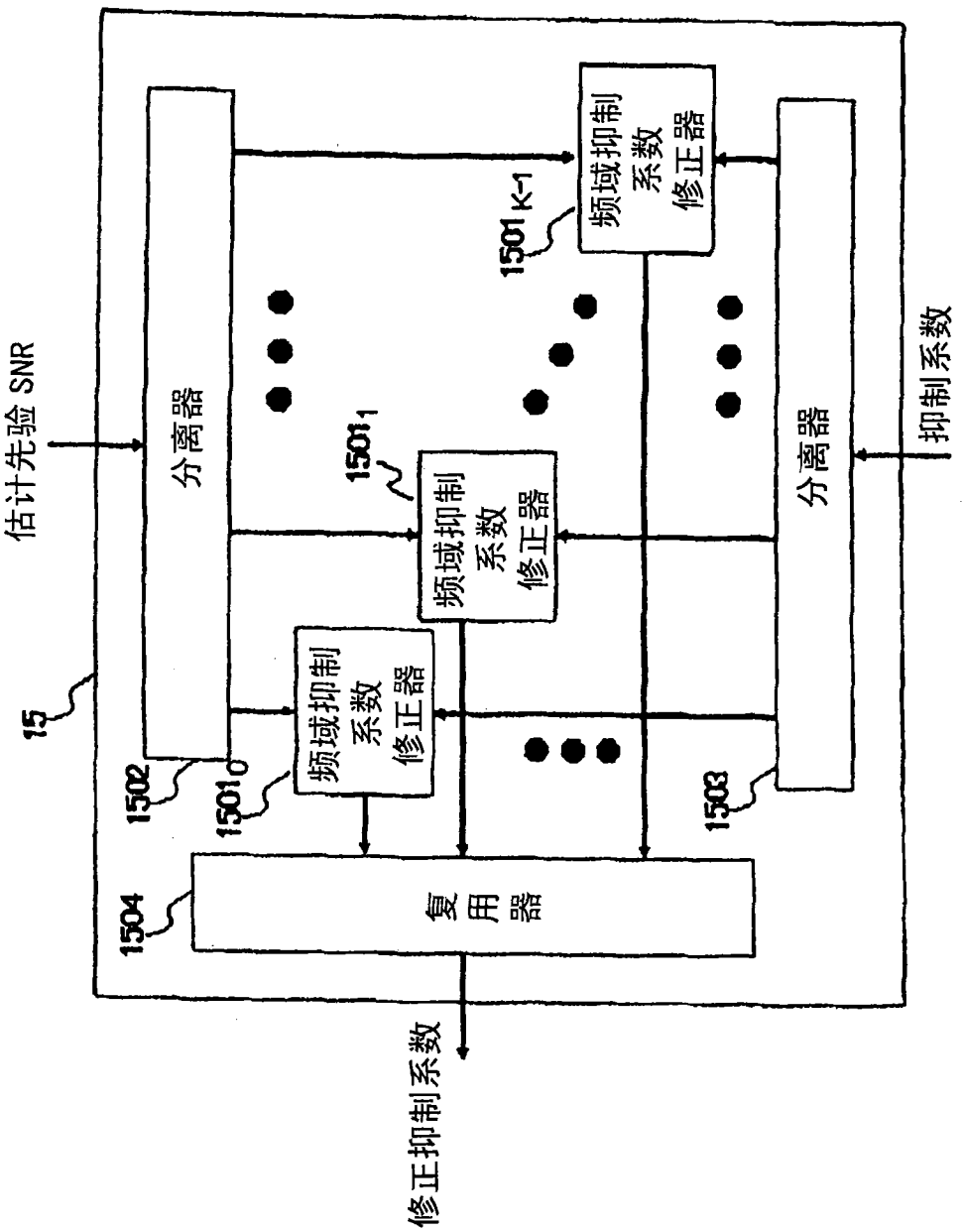

估计先验 SNR
15
分离器
1502
1501 0
1501 1
1501 K-1
频域抑制系数修正器
频域抑制系数修正器
频域抑制系数修正器
1504
复用器
修正抑制系数
1503
分离器
抑制系数

图 20

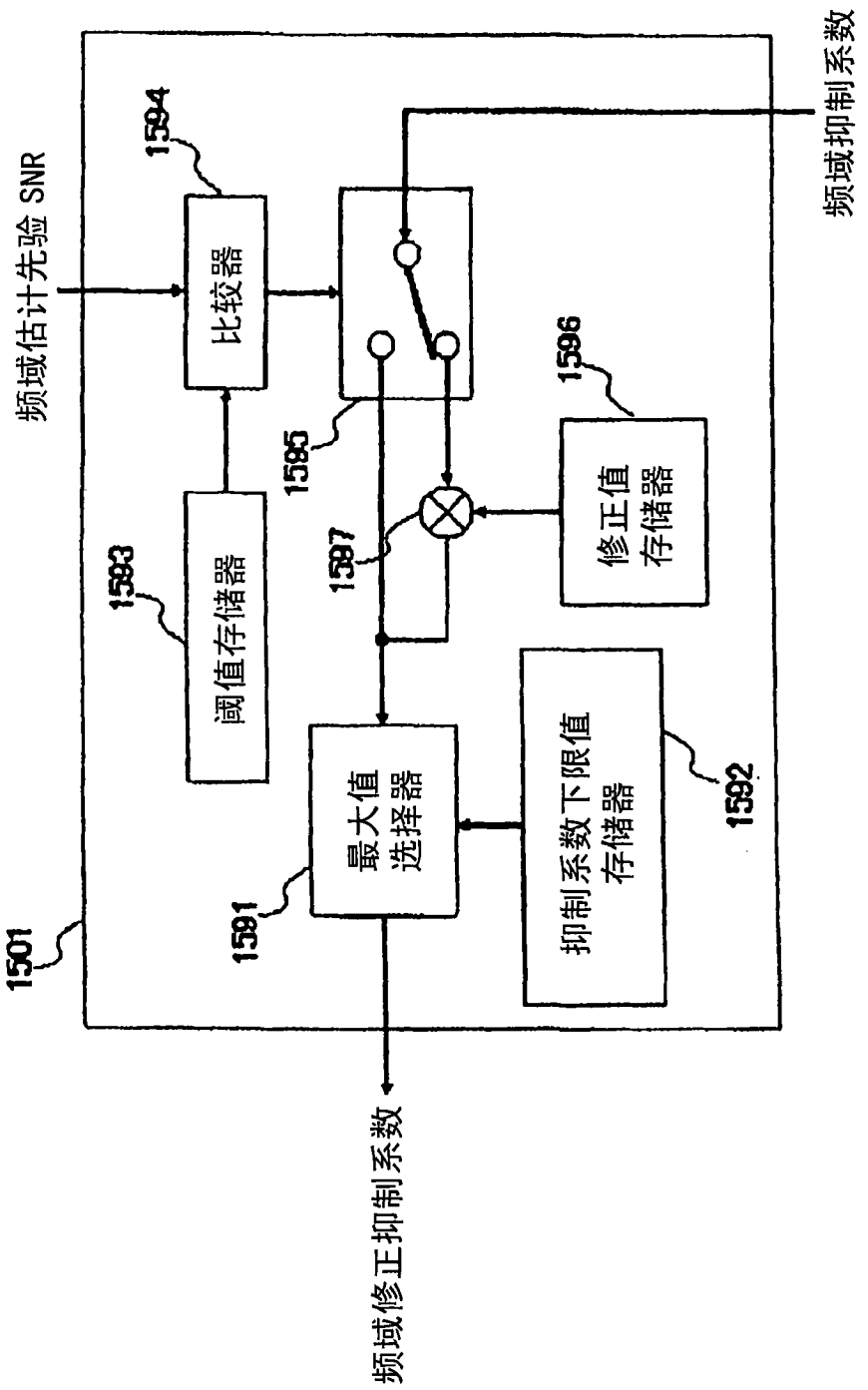

频域估计先验 SNR
1594
比较器
1595
1596
修正值存储器
1593
阈值存储器
1597
1591
最大值选择器
抑制系数下限值存储器
1592
1501
频域抑制系数
频域修正抑制系数

图 21