

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G10L 21/02 (2006.01)

H04B 15/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580021767.1

[43] 公开日 2007年6月6日

[11] 公开号 CN 1977312A

[22] 申请日 2005.6.6

[21] 申请号 200580021767.1

[30] 优先权

[32] 2004.6.30 [33] US [31] 10/882,452

[86] 国际申请 PCT/US2005/019837 2005.6.6

[87] 国际公布 WO2006/007291 英 2006.1.19

[85] 进入国家阶段日期 2006.12.28

[71] 申请人 摩托罗拉公司

地址 美国伊利诺伊州

[72] 发明人 萨拉·M·哈顿

马克·A·亚斯图科

威廉·M·库什纳

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

代理人 穆德骏 陆锦华

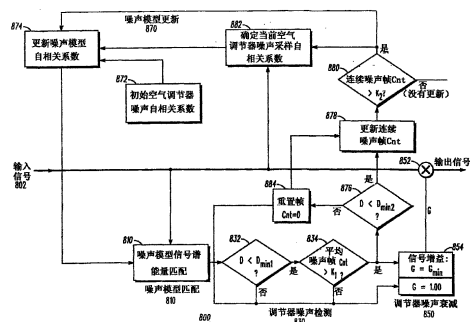
权利要求书 3 页 说明书 21 页 附图 13 页

[54] 发明名称

用于检测并衰减通信系统中的吸气噪声的方法和装置

[57] 摘要

用于检测并衰减在连接到加压空气传递系统的通信系统中的吸气噪声的方法，该方法包括步骤：基于吸气噪声生成吸气噪声模型(912、1012)；接收包括吸气噪声的输入信号(802)；将输入信号与噪声模型做比较(810)，以获得相似性测量；基于相似性测量确定增益因数(854)；以及基于该增益因数修改输入信号(852)，其中基于该增益因数衰减输入信号中的吸气噪声。



1. 一种用于检测并衰减连接到加压空气传递系统的通信系统中的吸气噪声的方法，该方法包括步骤：

基于吸气噪声生成吸气噪声模型；

接收包括吸气噪声的输入信号；

将输入信号与噪声模型做比较，以获得相似性测量；

基于该相似性测量，确定增益因数；以及

基于该增益因数修改输入信号，其中基于该增益因数衰减输入信号中的吸气噪声。

2. 如权利要求 1 的方法，其中生成吸气噪声模型的步骤包括步骤：

采样吸气噪声，以生成吸气噪声的至少一个数字化采样；

窗口化至少一个数字化采样；

从至少一个窗口化的数字化采样，确定自相关系数的组；

基于该自相关系数的组，生成线性预测编码（LPC）系数的组；

以及

从该 LPC 系数的组，生成 LPC 滤波器。

3. 如权利要求 1 的方法，其中噪声模型表示为数字滤波器，以及将输入信号与噪声模型做比较以获得相似性测量的步骤包括步骤：

基于输入信号和噪声模型计算第一能量；

基于输入信号计算第二能量；以及

计算相似性测量作为第一能量和第二能量的函数。

4. 如权利要求 3 的方法，其中相似性测量是第一能量与第二能量的比。

5. 如权利要求 3 的方法，其中计算第二能量的步骤包括步骤：

采样输入信号，以生成输入信号的至少一个数字化采样；

从该至少一个数字化采样生成第一组自相关系数；
基于第一组自相关系数，生成线性预测编码（LPC）系数的组；
基于该 LPC 系数的组，生成第二组自相关系数；以及
计算第二能量作为第一和第二组自相关系数的函数。

6. 如权利要求 1 的方法，其中确定增益因数的步骤包括步骤：

将相似性测量与至少一个阈值做比较，以检测输入信号中的吸气噪声；以及

基于相似性测量与至少一个阈值的比较结果而选择增益因数，其中当检测到输入信号中的吸气噪声时，增益因数选择为小于 1。

7. 如权利要求 1 的方法，还包括更新噪声模型的步骤。

8. 如权利要求 7 的方法，还包括比较相似性测量与至少一个阈值，以检测输入信号中的吸气噪声的步骤，其中基于所检测的吸气噪声更新噪声模型。

9. 如权利要求 8 的方法，其中噪声模型是基于 LPC 系数组的线性预测编码（LPC）滤波器，从第一组自相关系数生成该 LPC 系数组，更新噪声模型的步骤还包括步骤：

采样所检测的吸气噪声，以生成所检测吸气噪声的至少一个数字化采样；

窗口化至少一个数字化采样；

从至少一个窗口化的数字化采样，确定第二组自相关系数；

更新第一组自相关系数作为第一和第二组自相关系数的函数；

基于自相关系数的更新的组，更新 LPC 系数的组；以及

基于 LPC 系数的更新的组，更新 LPC 滤波器。

10. 一种用于检测并衰减连接到加压空气传递系统的通信系统中的吸气噪声的设备，包括：

处理元件；以及
存储元件，连接到处理元件，用于存储用于指令处理元件执行下面步骤的计算机程序，所述步骤是：

基于吸气噪声生成吸气噪声模型；

接收包括吸气噪声的输入信号；

比较输入信号和噪声模型，以获得相似性测量；

基于相似性测量，确定增益因数；以及

基于该增益因数修改输入信号，其中基于该增益因数衰减输入信号中的吸气噪声。

用于检测并衰减通信系统中的吸气噪声的方法和装置

相关申请的引用

本申请涉及下面的 U.S. 申请, 其连同本申请由 Motorola 共同拥有: 序列号_____, 2004 年 6 月 30 日由 Kushner 等人申请, 名为 “Method and Apparatus for Equalizing a Speech Signal Generated within a Self-Contained Breathing Apparatus System” (代理人卷号 CM06914G); 以及

序列号_____, 2004 年 6 月 30 日由 Kushner 等人申请, 名为 “Method and Apparatus for Characterizing Inhalation Noise and Calculating Parameters Based on the Characterization” (代理人卷号 CM06915G)。

技术领域

本申请通常涉及连接到通信系统的加压空气传递系统。

背景技术

参与危险环境活动例如消防的人员中的良好的、可靠的通信对于完成他们的任务来说是至关重要的, 同时保持他们自身的健康和安全。工作环境可需要使用加压空气传递系统, 例如自携呼吸装置 (SCBA) 面罩和空气传递系统、自携水下呼吸装置 (SCUBA) 面罩和空气传递系统、或者航空器氧气面罩系统。然而, 尽管当人员使用这种加压空气传递系统时, 期望保持良好的、可靠的通信, 并有效监测人员健康和

图 1 说明现有技术系统 100 的简单框图, 其包括连接到通信系统 130 的加压气体传递系统 110。加压空气传递系统典型地包括: 呼吸面罩 112, 例如 SCBA 面罩、空气筒 (未示出)、调节器 118、以及将调

节器 118 连接到空气筒的高压软管 120。基于所使用的空气传递系统 110 的类型，系统 110 可以通过例如向用户提供清洁的呼吸空气、使有害毒素不能达到用户的肺、保护用户的肺不被燃烧结构中的过热空气灼烧、保护用户的肺不进入水、以及提供对用户远离面部和呼吸灼烧的保护，来提供对用户的保护。此外，通常面罩被认为是压力需要呼吸系统，由于典型地仅仅当面罩佩戴者吸气时才提供空气。

通信系统 130 典型地包括传统麦克风 132，其设计为记录面罩佩戴者的语音并且可以安装在面罩之内、之外并粘附在面罩上或者通过面罩 112 上的声音发射端口持在手中。通信系统 130 还包括通信单元 134，例如双向无线电台，面罩佩戴者可以使用该双向无线电台来将她的话音发送到其他通信单元。面罩麦克风设备 132 可以直接连接到无线电台 134 或通过中间电子处理设备 138。该连接可以通过传统线缆（例如，136），或者可以使用传统 RF、红外或超声短距发射机/接收机系统来无线地实现。可以将中间电子处理设备 138 实现为例如数字信号处理器并可包含接口电子设备、音频放大器和用于该设备和用于面罩麦克风的电池。

与例如系统 100 的系统的的使用相关的有许多缺点。将为了说明的方便，通过参照说明在图 1 中说明的系统 100 的面罩到无线电台音频通道的图 2 的框图来描述这些限制。来自嘴唇的语音输入 210 （例如， $S_i(f)$ ）进入面罩（例如，SCBA 面罩），该面罩具有声学传输函数 200 （例如， $MSK(f)$ ），这由声学回声和无声（null）来表征。这些回声和无声是由于面罩腔和来自内部面罩表面的声音的反射所造成的。由传输函数 $MSK(f)$ 造成的效应使输入话音波形 $S_i(f)$ 失真并改变其谱内容。另一声音源是由呼吸设备（例如调节器吸气噪声）所生成的噪声 230 ，其也进入面罩并被 $MSK(f)$ 所影响。另一传输函数 240 （例如 $NP_k(f)$ ）考虑从与话音的位置略微不同的位置生成噪声的事实。由麦克风将话音和噪声 $S(f)$ 从声学能量转换为电子信号，该麦克风具有其自己的传输函数 250 （例如， $MIC(f)$ ）。然后麦克风信号典型地通过音频放大器和

其他电路，其也具有传输函数（例如， $MAA(f)$ ）。然后将来自 $MAA(f)$ 的输出信号 270（例如， $S_o(f)$ ）输入无线电台，用于进一步的处理和传输。

返回例如系统 100 的系统的缺点，一个这种缺点的例子涉及作为他们部分操作的由这些系统所产生的大的声学噪声。更具体，这些噪声可以显著地降低通信的质量，尤其是当连同例如无线电台的电子系统一起使用时。由加压空气传递系统如 SCBA 系统所引起的一种突出的音频产物的一种这种噪声是调节器吸气噪声，其在图 2 中示为方框 230。

调节器吸气噪声作为宽带噪声突发出现，每次面罩佩戴者吸气时发生。面罩中的负压导致空气调节器阀门打开，允许高压空气进入面罩并产生响的嘶嘶声。该噪声由面罩通信系统麦克风连同跟着发生的话音所拾取，并具有大约与话音相同的能量。吸气噪声通常不使得话音模糊，由于其典型地仅仅在吸气的时候发生。然而，这可能导致问题，下面将说明问题的例子。例如，吸气噪声可以触发 VOX（语音操作的开关）电路，由此开启并占据无线信道并潜在地干扰在相同无线信道上的其他说话者。此外，在使用数字无线电台的通信系统中，吸气噪声可以触发 VAD（语音活动检测器）算法，导致噪声抑制算法中的噪声估计混淆进一步恶化无线电信号处理链。此外，吸气噪声通常对于收听者是令人讨厌的。

下面说明例如系统 100 的系统的第二个缺点。这些系统使用典型地掩盖鼻子和嘴或者整个面部的面罩。空气系统面罩形成固定几何形状的封闭空气腔，该封闭空气腔展示出特定的声学回声组和反-回声（无声），其为面罩体积和内部反射表面几何形状的函数，并且改变在面罩内产生的语音的谱特性。更具体，在表征空气面罩音频通道中（图 2），系统的最富挑战性的部分是从说话者的嘴唇到面罩麦克风的声学传输函数（220）。这些谱失真可以显著地降低所附话音通信系统的性能，

特别是使用对于处理被破坏的话音不是最优化的参数化数字编解码器的系统。声学面罩失真示为影响通信系统质量和可理解性，特别是当包括参数化数字编解码器时。通常，除了吸气噪声，导致话音质量最大损失的空气系统影响似乎是由于面罩的差的声学特性。

图 3 说明面罩（320）内以及在面罩麦克风输出（310）处的所测量的谱幅度响应以及对于面罩、麦克风和麦克风放大器的所计算的组合传输函数（330）。使用安装在头上的 SCBA 面罩和躯干仿真器来获得这些特定数据。由 3HZ 至 10KHZ 构成的声学激励扫描驱动人造嘴部仿真器的正弦波。如图 3 所示，在 500HZ 以下和 4.0KHZ 以上，谱显著地衰减，主要由于在麦克风中的前置放大器带通滤波器，并且该谱在 50 和 4.0KHZ 之间的显著话音带通区中包括数个强烈的谱峰和凹陷。这些谱峰和凹陷通常是由导致梳状滤波的面罩内的反射以及腔回声条件所导致的。该显著谱峰和凹陷当它们通过通带前后移动时调制话音音调分量和共振峰，导致降级的质量和失真的话音。期望确定表征这种系统的传输函数或多个传输函数，这些传输函数用于限定均衡系统以减小话音失真。

存在多个已证实的技术来确定系统传输函数和均衡传输信道。一个确定系统传输函数的有效方法是使用宽带基准信号来激励系统并确定系统参数。估计许多话音传输环境的传输函数中的问题在于适宜的宽带激励信号不容易获得。一个通常的方法是使用长时间平均话音谱作为基准。然而，使用该基准的适应时间可经历长时间，特别是话音输入稀疏的情况下。此外，对于经常包括喊叫和情绪重音，并且相当地改变话音谱的公共服务活动中的个体来说，长时间话音谱可以相当地变化。

与例如系统 100 的系统相关的另一缺点是缺乏用于测量面罩佩戴者的特定参数如生物参数的更有效的方法和装置。可能使用例如系统 100 的系统的在危险环境下工作的个体的这种参数的测量，对于监测这

些个体的安全和表现来说是重要的。例如，个体呼吸率和空气消耗的测量是表征他的工作负荷、生理适应、压力级和所存储的空气供应的消耗（即，可用工作时间）的重要参数。测量呼吸的传统方法包括使用胸阻抗体积扫描或采用热敏电阻传感器的空气流温度测量。然而，使用这些传统方法从在身体上需要的环境例如消防下工作的个体得到可靠的测量更加困难，由于剧烈身体运动可以导致安装在身体上的传感器以及典型地用于进行测量的人造物品的移位。

因此，存在对于用于有效地检测并减小吸气噪声、均衡话音（即，除去失真影响）并且测量与在包括连接到通信系统的加压空气传递系统的系统中的用户相关的参数的方法和装置的需求。

附图说明

现在仅仅通过实例，参照附图说明本发明的优选实施例，在附图中：

图 1 说明现有技术系统的简单框图，包括连接到通信系统的用于呼吸的加压空气传递系统；

图 2 说明图 1 中所示的系统中的面罩到无线电台音频通道；

图 3 说明面罩内和在面罩麦克风输出处的所测量谱幅度响应，以及用于面罩、麦克风和麦克风放大器的所计算的组合传输函数；

图 4 说明由 SCBA 空气调节器生成的吸气噪声的例子；

图 5 说明图 4 所示的吸气噪声的长期幅度谱；

图 6 说明由佩戴给定 SCBA 面罩的单个说话者所生成的吸气噪声的四个重叠谱；

图 7 说明 SCBA 麦克风的音频输出，示出与话音混合的吸气噪声突发；

图 8 说明用于根据本发明的一个实施例，检测并消除吸气噪声的方法的简单框图；

图 9 说明在图 8 的方法中使用的谱匹配的一个实施例的简单框图；

图 10 说明在图 8 的方法中使用的谱匹配的另一实施例的简单框图；

图 11 说明根据本发明的另一实施例的用于均衡话音信号的方法的简单框图；

图 12 说明根据本发明，与 14 阶和 20 阶 LPC 反向滤波器均衡之后的谱相比，在均衡之前的吸气噪声谱；

图 13 说明根据本发明的另一实施例的一种方法的简单框图，用于确定吸气噪声的频率的持续时间和确定呼吸率以及空气使用体积，以用于测量生物参数；

图 14 说明包含话音和空气调节吸气噪声的来自麦克风输入的信号；

图 15 说明如图 13 所示的方法所确定的图 14 中所示的信号的平均归一化模型误差；

图 16 说明如图 13 所示的方法所生成的吸气噪声检测器输出信号；以及

图 17 说明如图 13 所示的方法所生成的合并的吸气检测器输出。

具体实施方式

尽管本发明以许多不同的形式表示实施例，在图中示出并将在特定实施例中具体说明，应理解认为本公开是本发明的原理的例子，并且不旨在将本发明限定为所示和所说明的特定实施例。此外，不认为在此使用的术语和词语是限定的，而仅仅是说明性的。还应理解，为了说明的简化和清楚起见，在图中所示的元件不必按照比例绘制。例如，相对于其他，可以放大某些元件的尺寸。此外，在认为适宜的地方，在图中重复参考标号来指示相应的元件。

在详细描述本发明的各个方面之前，提供在上简单说明的空气调节器吸气噪声的更具体说明，对于理解本发明是有用的。吸气噪声是当人吸气并且调节器阀打开时，进入 SCBA 或其他加压空气传递系统面罩的高压空气的结果。在阀处的扰动产生非常大声、宽带的嘶嘶噪

声，直接耦合进入 SCBA 面罩，这在麦克风处与话音信号在幅度上可比。在图 4 和图 5 中分别示出在 SCBA 面罩之内所记录的典型的吸气噪声的例子及其宽带声谱图 500。

如从图 5 可见，噪声谱是宽带的，具有在大约 500、1700、2700 和 6000Hz 出现的突出的谱峰。峰值是由于面罩内的谐振并且梳妆滤波由于内部面罩反射，并随着不同面罩型号、大小和结构在频率和振幅上变化。对于特别的面罩/佩戴者组合，噪声谱的着色（coloration）典型是静态的，由于一旦将面罩带在面部，总的内部尺寸基本上是恒定的。这在图 6 中示出，其中对于佩戴给定 SCBA 面罩的相同说话者，来自 SCBA 面罩麦克风的三个单个吸气噪声（610、620 和 630）的谱视为叠加的。对于不同说话者和对于来自不同制造商的面罩，观察到该一致性。此外，还观察到来自佩戴相同面罩的不同说话者的空气调节器噪声的高度的谱相似性。

最后，图 7 说明从 SCBA 系统所记录的话音 710 的例子。如图 7 所示，吸气噪声 720 的影响不是对于话音本身，由于人们在吸气时一般不试图说话。然而，噪声具有足够的能量和谱来导致无线电台中的话音检测器和噪声抑制电路的问题及呈现出收听烦恼。

在本发明的第一方面中，是一种方法和装置，用于检测并消除在耦合到通信系统如图 1 所示的系统 100 的加压空气传递系统中的吸气噪声。在此，根据本发明的该实施例的方法还称为 ARINA（空气调节器吸气噪声衰减器）方法。用于识别并消除空气调节器吸气噪声的 ARINA 方法的基础是与话音相比和与其他类型噪声如各种环境噪声相比，噪声的相对平稳性。ARINA 方法 800 的框图在图 8 中示出，并分为四个部分：噪声模型匹配 810、噪声检测 830、噪声衰减 850 和噪声模型更新 870。

ARINA 方法 800 的基础方法论可以总结如下。方法 800 优选地使

用数字滤波器（例如全极点线性预测编码（LPC）数字滤波器）建模吸气噪声。然后方法 800 使用噪声模型滤波器的反向滤波音频输入信号（即，由面罩麦克风拾取的话音和噪声）并比较反向噪声模型滤波器的输出的能量与输入信号或其他能量基准的能量。在输入信号和模型之间出现相近谱匹配的信号周期期间，可以将包括输入信号的调节器吸气噪声衰减到任何期望电平。

转向图 8 中所示的 ARINA 方法 800 的说明，处理的第一步骤是通过经由方法 800 的噪声模型匹配部分 810 持续比较输入信号 802 和基准噪声模型，来检测吸气噪声的出现，其在优选实施例中可以基于可以忍受的实现复杂性，根据图 9 或图 10 来实现。然而，本领域技术人员将理解，可以使用替换的谱匹配方法。在图 9 和图 10 中说明的上述两个优选匹配方法在此称为归一模型误差（或 NME）方法和 Itakura-Saito（或 I-S）失真方法。在两个方法中，由模拟吸气噪声的谱特性数字滤波器（912、1012）表示基准噪声模型。在优选实施例中，该模型表示为由一组 LPC 系数所指定的全极点（自回归）滤波器。然而，本领域技术人员将理解，可以使用替换滤波器模型来替代全极点模型，例如已知的 ARMA（自回归移动平均）模型。

从由吸气噪声的至少一个数字化的采样导出的一组自相关系数获得基准噪声模型滤波器系数。可以从任何数目的预记录离线地获得初始噪声采样和相应的初始自相关系数（872），并且对于本发明的实现来说不是重要的。然而，例如，实验示出来自一个 SCMA 面罩的初始噪声采样对于相同设计的面罩，并在某些情况下对于不同设计的面罩，也工作良好。自相关系数可以从未加工的采样噪声数据直接计算，或者使用对于本领域技术人员来说公知的方法，从其他通常使用的谱参数表达例如 LPC 或反射系数导出。

在优选实施例中，根据下面的标准公式计算噪声模型自相关系数：

$$R_i = \sum_{n=1}^{N-i} x_n x_{n+i} \quad i = 0, 1, 2, \dots, p, p \ll N \quad \text{等式 1}$$

其中 R_i 是最多 p 个自相关系数的第 i 个系数， x_n 是其中最多 N 个采样的典型吸气噪声信号采样段的第 n 个采样，以及 R_0 表示整个段的能量。自相关函数的阶数 p ，典型地在 10 和 20 之间，优选实施例是 14。此外，理想地，在执行自相关之前，使用汉明窗来窗口化 N 个信号采样，来平滑谱估计。汉明窗表达为：

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos(2\pi n / N), \quad n = 0, 1, 2, \dots, N-1. \quad \text{等式 2}$$

本领域技术人员将理解，还可以使用其他窗口方法。

接下来使用噪声模型自相关系数来确定一组 10 阶噪声模型 LPC 系数， a_1, a_2, \dots, a_p ，表示全极点线性预测模型滤波器，具有 z -域表示的传输函数：

$$H(z) = \frac{1}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_p z^{-p}}, \quad \text{等式 3}$$

其中 $z = e^{-jn\omega T}$ 是 z 变换变量。在该例子中，确定 10 阶 LPC 系数。然而，可以基于特定实施选择不同阶数的 LPC 系数。可以使用任何数目的本领域技术人员公知的参数转换技术来完成自相关到 LPC 参数转换（步骤 912、1012）。在优选实施例中，LPC 参数是使用本领域技术人员公知的 Durbin 方法从自相关参数中导出的。

现在转向图 9 所示的 NME 谱匹配方法的说明，所导出的全极点 LPC 噪声滤波器模型被反向，以形成反向 LPC 滤波器（步骤 914）：

$$\hat{H}(z) = 1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_p z^{-p}. \quad \text{等式 4}$$

理想地，从面罩麦克风获得的并包含话音和吸气噪声 $S(z)$ 的低通滤波并采样的音频输入信号 802 通过反向滤波器 $\hat{H}(z)$ （步骤 914）来获得输出信号，

$$Y(z) = S(z)\hat{H}(z). \quad \text{等式 5}$$

然后计算反向滤波器输入和输出信号的能量 E_{in}, E_{out} （分别在步骤

918 和 916)，并且在步骤 920 计算失真测量 D ，并用作噪声模型和输入信号之间的相似性测量。对于无限阶数， D 的理论下界是零，但是实际上，通过输入信号和其与有限阶数噪声模型多好地匹配来确定下界。在该实现中，由 E_{out} 与 E_{in} 的比来限定失真测量，称为归一模型误差（NME），在步骤 920 计算为：

$$D = NME = \frac{E_{out}}{E_{in}} = \frac{|Y(z)|^2}{|S(z)|^2}. \quad \text{等式 6}$$

然后根据其与噪声模型多好地匹配来除去输入信号的能量。在优选实施例中，经由时域中的卷积完成上述信号滤波，但是还可以在频域中完成，如上面等式所指示。

通常在分段帧的基础上完成 ARINA 方法 800 的信号处理。在优选实施例中，输入信号 802 被低通滤波，以 8.0KHz 采样，缓存到 80 个采样的块（10msec），并通过反向的噪声模型滤波器（等式 5）。因此，理想地，在输入信号 802 的连续的 80 个采样分段上完成全部滤波。然后通过由滤波器输出帧能量除以输入信号帧能量（等式 6），计算反向噪声模型滤波器的归一模型误差（NME）。然而，为了更好的时间分辨率，该计算理想地在子帧的基础上完成。因此，每个 80 点帧分为子帧，例如 4，20 点子帧，尽管基于需要的精确度程度，可以使用替换的子帧划分。然后，可以通过平均化最后 16 个子帧的输出滤波器能量 E_{out} 以及将该数量除以相应时间对齐的 16 个子帧输入滤波器能量 E_{in} 的平均，来平滑整体归一模型误差信号（NME）。这并不对分析增加任何延迟，而是帮助除去瞬时信号失落和能改变调节器噪声谱的其他大声的背景噪声的影响。由此，在本发明的该实现中，使用该平均 NME 值作为噪声模型与输入信号谱相似性的测量。

在优选实施例中，如图 10 所示的第二个更复杂但是更准确的噪声模型匹配方法 810 是 Itakura-Saito 失真方法的修正。确定两个信号之间的谱相似性的该 I-S 方法对本领域技术人员来说是公知的。在该方法

中，残留噪声模型反向滤波器能量与“最佳”信号滤波器的残留能量而不是与上述 NME 方法中的输入信号能量做比较。滤波器在其最佳地匹配当前信号分段的谱的意义下是“最佳的”。

使用步骤 1018-1024 计算对应于最佳滤波的信号的残留能量。在 I-S 方法步骤 1018 中，理想地输入信号 802 的两个连续 80 采样缓冲器合并为单个 160 采样分段。优选地使用下面给出的 160 点汉明窗口来窗口化 160 采样分段：

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos(2\pi n / 160), \quad n = 0, 1, 2, \dots, 159. \quad \text{等式 7}$$

然后使用在等式 1 中说明的方法自相关窗口化的信号数据。在步骤 1018 生成的这些自相关系数指定为 $\hat{R}_i, i = 0, 1, 2, \dots, p$ 。与在步骤 1012 中用于生成基准噪声模型参数相同的方式，在步骤 1020 优选地使用 Durbin 算法从自相关系数导出相应的 LPC 系数组。在步骤 1020 中生成的信号模型 LPC 系数指定为 $\hat{a}_i, i = 1, 2, \dots, p$ 。在步骤 1022 中，根据下面生成 \hat{b}_i 的等式 9，自相关这些 LPC 系数（步骤 1020）。使用这些参数，在步骤 1024 计算通过该滤波器的信号的残留能量 E_s ：

$$E_s = \hat{b}_0 \hat{R}_0 + 2 \sum_{i=1}^p \hat{b}_i \hat{R}_i, \quad \text{等式 8}$$

$$\hat{b}_i = \sum_{j=0}^{p-i} \hat{a}_j \hat{a}_{j+i}, \quad 0 \leq i \leq p, \hat{a}_0 = 1. \quad \text{等式 9}$$

使用步骤 1012-1016，计算通过噪声模型的输入信号的能量。在步骤 1012，从上述的噪声模型自相关系数（874）计算噪声模型 LPC 系数。这些在步骤 1012 生成的 LPC 系数指定为 $a_i, i = 1, 2, \dots, p$ 。在步骤 1014，根据下面生成 b_i 的等式 11，自相关 LPC 系数（从步骤 1012）。使用这些参数和在步骤 1018 计算的自相关序列 \hat{R}_i ，在步骤 1016 计算通过基准信号模型的信号的能量，如等式 10 所给出：

$$E_m = b_0 \hat{R}_0 + 2 \sum_{i=1}^p b_i \hat{R}_i, \quad \text{等式 10}$$

$$b_i = \sum_{j=0}^{p-i} a_j a_{j+i}, \quad 0 \leq i \leq p, a_0 = 1. \quad \text{等式 11}$$

在步骤 1028 计算“最佳”信号模型与基准信号的谱失真 D 的测量，如下所限定：

$$D = \frac{E_m}{E_s} \quad \text{等式 12}$$

信号模型与基准噪声模型越相似，失真测量越接近于 0，其为下界。由 ARINA 方法 800 的噪声检测部分 830 使用该失真测量，来确定吸气噪声的存在。在优选实施例中，使用 160 个采样计算该 I-S 失真测量。由 I-S 失真测量所确定的吸气噪声分类与 160 采样分段的每个 80 采样帧相关。此外，仅需要执行步骤 1012 和 1014 来生成初始噪声模型（例如，基于初始自相关系数 872）或根据噪声模型更新部分 870 更新噪声模型，参照上述并下面详细所述。

在 ARINA 方法 800 的噪声检测部分 830 中，然后从谱匹配 810 导出的值（即，NME 或 I-S 失真测量，其表示输入信号和噪声模型之间的相似性测量）与经验导出的阈值（例如， $D_{\min 1}$ ）相比较（步骤 832）。选择该检测阈值来检测吸气噪声的存在，同时不将话音和其他类型噪声错误划分为吸气噪声。

此外，基于噪声滤波器模型的特性，可以出现吸气噪声的谱变化，以及某些话音声音与噪声模型例如错误检测的相似性。因此，由于与话音假象相比，真正空气调节器吸气噪声的持续时间相当长，理想地也应用噪声持续时间阈值测试（步骤 834）。因此，在检测有效之前，检测阈值必须满足预设数目的连续帧“ K_1 ”（例如，4 个帧）。相对信号能量、波形过零以及其他特性参数信息可以包括在检测方案中，来改进话音/吸气噪声区分。因此如果满足两个阈值标准（来自步骤 832 和 834），认为谱匹配可接受地接近并且假设当前存在吸气噪声。

在 ARINA 方法 800 的噪声衰减部分 850 中，噪声检测部分 830 的输出用于选通输出信号乘法器（852），输入信号 802 通过该输出信

号乘法器（852）。如果检测到吸气噪声，则在步骤 854 将乘法器增益 G 设置为某些期望衰减值“ G_{\min} ”。该衰减增益值可以是 0.0，以完全消除噪声或可设置为更高的值以不完全消除吸气噪声而是抑制它。可能不期望完全抑制，以向收听者确保空气调节器在工作。在优选实施例中， G_{\min} 具有 0.05 的值。相反如果没有检测到吸气噪声，增益 G 理想地设置为 1.0，使得不衰减语音信号。可以采用该选通/乘法方案的变形。例如可以使用能够使选通的冲击和衰落不突变的变形，减小衰减在吸气噪声之前或之后直接出现的语音的概率，由此改进语音的感觉质量。此外，可从方法 800 容易地看出，该发明的重要优点是没有改变初始信号，除非当检测到调节器噪声时，与传统的连续噪声滤波方法不同。

ARINA 方法 800 的重要方面是能够为了检测的目的周期地更新噪声模型。例如，在时间上，面部上的空气面罩的移动可导致其对于声学传输函数的影响。同样，不同人佩戴的空气面罩或不同面罩的使用意味着初始基准噪声模型的谱将偏离实际吸气噪声谱。通过周期性地更新初始基准噪声模型，可以保持准确的当前基准噪声模型。因此，ARINA 方法 800 的噪声模型更新部分 870 用于更新噪声模型。

噪声模型更新部分 870 使用噪声检测部分 830 的输出来确定应该何时更新调节器吸气噪声的基准 LPC 滤波器模型。例如，可以在步骤 876 将噪声检测部分 830 的输出与第二经验确定阈值（例如， $D_{\min 2}$ ）做比较，来确定是否更新噪声模型。当满足阈值时，可以计数检测为吸气噪声的多个连续子帧（步骤 878），并且在缓存器中存储每个子帧中的信号采样。当时连续噪声子帧的数目超过阈值数“ K_2 ”（例如，8 个子帧，在优选实施例中 160 个采样），则在步骤 880 做出更新噪声模型的决定。如果检测到非噪声子帧（例如，在步骤 832、834 和 876 的任何一个），则在步骤 884 将噪声帧计数重置为零，并且在步骤 878 更新噪声帧计数。然后在步骤 882，使用先前所述的公式 1 和公式 2，计算表示当前检测的吸气噪声的“ K_2 ”个连续信号子帧的自相关系数。

这些新自相关系数用于在步骤 874 更新噪声模型自相关系数。理想地，在步骤 874，使用简单加权公式，例如下式，将在步骤 882 计算的自相关系数与先前的噪声模型自相关系数做平均：

$$R_i^{REF} = \alpha R_i^{REF} + (1-\alpha)R_i^{NEW}, \quad \text{等式 13}$$

其中 R_i^{REF} 是当前基准噪声模型的自相关系数， R_i^{NEW} 是当前检测的吸气噪声采样的自相关系数，以及 α 是 1.0 和 0.0 之间的加权因数，其确定多快地更新初始基准模型。可以基于吸气噪声的谱特性多快地变化来调节该加权因数，其如先前所述，通常是慢的。然后在步骤 912 和 1012，从更新的模型自相关重新计算噪声模型反向滤波器的新 LPC 系数组。可以对噪声模型的调节设置限制，使得不会由于错误检测造成噪声模型的大偏离。此外，存储初始基准噪声模型系数（872），使得如果需要的话，可以将系统重置到初始模型状态。上面通过参照噪声模型更新部分 870 说明的方法 800 的适应能力使得系统适于特定面罩和调节器的特性，并使得最佳检测性能成为可能。

ARINA 方法 800 的优点包括话音信号本身不受处理算法的不可逆的影响，如采用传统连续滤波的算法的情况。额外的优势在于在此使用的 LPC 模型是简单的，实时地简单可应用，是容易理解的，并且高计算效率。本领域技术人员将理解，上述优点不意味着包括与本发明的 ARINA 实施例相关的全部优点，而仅仅意味着用于其代表。

在本发明的第二方面中，是一种方法和装置，用于均衡连接到通信系统，如图 1 所示的系统 100 的加压空气传递系统中的话音信号。根据本发明的该实施例的方法在此还称为 AMSE（空气面罩话音均衡器）方法。用于均衡的 AMSE 方法的基础是与话音相比较和与其他类型的噪声例如各种环境噪声相比，噪声的相对平稳性。由于相同面罩回声条件影响调节器噪声和话音信号，噪声的均衡还应该产生用于均衡话音信号的均衡器，尽管由于声音反射的峰值和无声将由于话音和

噪声的源位置差异而在噪声和话音之间略微不同。

AMSE 方法使用在所有面罩型加压空气呼吸系统（例如 SCBA）中出现的宽带空气调节器吸气噪声，来估计由面罩腔和结构所产生的声学回声谱峰值和无声（即，谱幅度声学传输函数）。然后该谱信息用于实时构建补偿数字反向滤波器，其应用于均衡谱失真的话音信号，并产生近似于没有面罩所产生的未失真的话音的输出信号。该作用改进了从面罩麦克风获得的音频质量并可导致改进的通信可理解性。

转向 AMSE 方法的特点，在图 11 中所示的方法 1100 的框图可以分为四个部分：噪声模型匹配 1110、噪声检测 1130、面罩话音均衡 1150 以及噪声模型更新 1170。理想地，AMSE 方法的噪声模型匹配、噪声检测和噪声模型更新部分与上面详述的 ARINE 方法的相应部分相同。因此，为了简明的目的，在此将不再重复这三个部分的详细说明。然而，下面是 AMSE 方法 1100 的面罩话音均衡部分 1150（虚线区域内）的详细说明。

使用 AMSE 方法 1100 的面罩话音均衡部分 1150，在步骤 1152，使用上述等式 3，吸气噪声基准自相关系数用于生成噪声模型的 n 阶 LPC 模型。在步骤 1152 生成的 LPC 模型表征面罩的传输函数，例如图 2 的 $MSK(f)$ ，并且对于吸气噪声还包括噪声路径传输函数 $NP(f)$ 。优选地，14 阶模型是适宜的，但是可以使用任何阶数。本领域技术人员将理解，可以使用替换滤波器模型替换全极点模型，例如已知的 ARMA（自相关移动平均）模型。此外，可以在频域中实现滤波操作，与上述参照本发明的优选实施例的时域滤波操作相反。

然后 LPC 模型系数优选地用于反向滤波器（根据等式 4），在步骤 1156，话音信号通过该反向滤波器。使话音信号通过反向滤波器有效地均衡输入信号，由此除去由图 2 中的面罩传输函数 $MSK(f)$ 所导致的谱失真（峰值和凹陷）。在步骤 1158，理想地在均衡的信号上执

行使用适宜固定后滤波器的后滤波，以校正吸气噪声的任何非白特性，或者给予话音信号特定的音调质量以最佳地匹配下面特定编解码器或无线电台的需要。该后滤波还可用于补偿图 2 中的噪声路径传输函数 $NP(f)$ 。

在图 12 中示出对于两个不同阶数的均衡滤波器，AMSE 方法 800 的均衡器对空气调节器噪声的影响。特别地，图 12 说明在均衡之前，吸气噪声突发的谱表示 1210。进一步所示的是在使用 14 阶均衡滤波器（1220）和 20 阶均衡滤波器（1230）均衡之后的吸气噪声的谱。如所示，通过 20 阶均衡滤波器非常好地平坦化了谱峰值，以及使用 14 阶均衡滤波器相当好。此外，在由这些滤波器所均衡的面罩话音的收听测试示出通过使用均衡滤波器，与未均衡的话音相比，话音质量显著提高。此外，在这两个滤波器阶数之间所察觉的话音质量有很小的差别。

AMSE 算法方法的优点包括：（1）其使用空气面罩系统中固有的、规则的、谱稳定的宽带调节器噪声作为用于确定面罩声学回声特性的激励；（2）使用简单已知的有效技术，实时地完成系统传输函数建模；（3）使用同样有效的技术实时获得均衡；以及（4）系统传输函数模型连续地适于实时改变的条件。本领域技术人员将理解，上述优点不意味着包括与本发明的 AMSE 实施例相关的全部优点，而仅仅意味着用于其代表。

在本发明的第三方面中，是一种方法和装置，用于确定吸气噪声的持续时间和频率，并确定呼吸率和在连接到通信系统，例如图 1 所示的系统 100 的加压空气传递系统中的空气使用量。根据本发明的该实施例的方法也称为 INRRA（吸气噪声呼吸器速率分析器）方法。INRRA 方法本质上是监测由空气调节器产生的声音，而不是测量来自人的呼吸声音，来测量呼吸的间接方法。INRRA 方法的基础是加压空气呼吸系统，例如 SCBA 具有单向气流。空气仅仅可以从空气源

和调节器进入系统，并且仅仅通过排气阀排出。吸入和呼出阀不能同时开启。因此，调节器吸入阀操作直接涉及用户的呼吸循环。

开启调节器吸入阀的一个指示器是调节器吸气噪声。吸气噪声是较高压空气进入 SCBA 或其他加压空气传递系统面罩的结果。该面罩是气密的，因此当人吸气时其在面罩内产生轻微的负压，这导致调节器阀开启并且加压的罐气体进入。阀上的空气扰动产生大声的宽带的嘶嘶噪声，这直接连接到 SCBA 面罩，可以由麦克风拾取，并每次吸气都产生。如上所说明，噪声是突然的，并在吸气的持续时间上具有非常恒定的幅度，提供非常好的开始和结束时间分辨率。对于给定的面罩类型和佩戴者，吸气噪声的谱特性是非常稳定的，与直接人类呼吸声音相反，人类呼吸声音基于例如张嘴大小、嗓音域条件和肺气流的因素相当地变化。INRRA 将空气调节器吸气噪声的稳定性作为呼吸率测量的基础。

INRRA 通过其整个谱特性，使用匹配的滤波方案来标识吸气噪声的存在。此外，INRRA 能够适应噪声的谱特性的变化，如果它们存在的话，因此提供吸气噪声和其他声音的最佳的区别。通过计算每次吸气的开始，可以从吸气噪声出现容易地计算瞬时呼吸率及其时间平均。此外，通过测量结束并计算每次吸气噪声的持续时间，并提供关于可预测的面罩调节器流速的一些信息，系统可以提供气流量的估计。这可以仅仅使用来自记录吸气噪声的麦克风的信号来完成。

INRRA 方法 1300 的框图在图 13 中示出，并可以被分为五个部分：噪声模型匹配 1310、噪声检测 1330、吸气呼吸限定器 1350、参数估计器 1370 和噪声模型更新 1390。INRRA 方法的噪声模型匹配、噪声检测和噪声模型更新部分典型地与上面详述的 ARINA 方法的相应部分相同。因此，为了简洁的目的，在此不重复对这三部分的详细说明。然而，下面是 INRRA 方法 1300 的吸气呼吸限定器 1350 和参数估计器 1370 的详细说明。

首先,将说明吸气呼吸限定器 1350。INRRA 方法 1300 的部分 1350 的目的在于基于至少一个因素表征吸气噪声,例如,在此情况下基于一个或多个对应于吸气呼吸的完全吸气噪声突发的持续时间的一组端点。来自吸气噪声检测部分 1330 的确定用于在步骤 1352 生成优选的二进制信号 INM_m , $m = 0,1,2,\dots,M-1$, 其使用 1 和 0 的值表示吸气噪声的存在与否,作为时间指数 m 的函数。该二进制信号存储在长度 M 采样的循环缓存器中, M 足够大来存储二进制信号的足够采样,来包括至少两个吸气噪声突发或可预见的最低呼吸率的呼吸的时间周期,这总和大约 15 秒。通过上述的在吸气噪声检测部分 1330 中使用的最小帧时间来确定该二进制信号的时间分辨率和值 M , 该最小帧时间基于吸气噪声模型匹配部分,并且为 20 采样 (2.5 msec) 或 80 个采样 (10 msec), 取决于在步骤 1310 使用哪个谱匹配方法。

由于来自 1330 的吸气噪声检测器输出不总是完美的,在吸气噪声的检测期间可能出现检测错误,导致关于噪声的真正开启和持续时间的某些混乱。因此,在步骤 1354,使用公知移动平均类型或其他适宜类型的滤波器,合并由步骤 1352 生成的二进制吸气噪声信号。该滤波器消除任何短时间的检测错误并产生限定对应于呼吸气息的完整吸气噪声突发的更加准确的信号。从在步骤 1354 生成的该信号,在步骤 1356,可以在处理帧持续时间准确度内确定对于每个噪声突发的包括准确开始时间 S_i 、结束时间 E_i 和呼吸持续时间 D_i 的至少一个因素。由二进制信号 INM_m 所表示的吸气噪声突发的开始和结束时间可以通过记录它们在信号缓存器内的相对索引来获得。对于单个吸气噪声突发限定的持续时间 D_i 为:

$$D_i = E_i - S_i, \quad i = 0,1,2,\dots,I_T, \quad \text{等式 14}$$

其中 i 指示在长度 M 和时间周期 T 秒的二进制信号缓存器中的 I_T 个吸气噪声突发的第 i 个。这些吸气噪声突发因数理想地存储在循

环、有限长度的缓存器中，每个噪声突发/呼吸一组参数。在图 14-17 中示出由 INRRA 算法部分 1310、1330、1352 和 1354 所处理的 SCBA 面罩麦克风语音的某些结果，它们是基于来自佩戴 SCBA 的男性说话者并在安静的房间内记录的话音。图 14 示出与噪声突发 1410 所混合的输入话音 1420。图 15 示出吸气噪声模型匹配部分 1310 的谱失真测量 D 输出的时间-幅度表示 1500。图 16 示出吸气噪声检测器 1330 的二进制输出的时间-幅度表示 1600。图 17 示出呼吸限定器算法 1350 的移动平均滤波器组件 1354 的输出的时间-幅度表示 1700，该呼吸限定器算法 1350 合并原始检测器输出并准确地限定每次吸气的持续时间。

参数估计器 1370 部分描述参数的例子，可以由吸气呼吸限定器部分 1350 基于吸气噪声的特征参数估计这些参数。可以被确定的参数的两个这种例子是用户的呼吸率和近似吸气气流量。可以使用可以在吸气呼吸限定器部分所确定的连续吸气噪声突发的顺序开始时间信息 S_i 容易地确定呼吸率。例如，可以由下式来计算每分钟的“瞬时”呼吸率：

$$IRR = \frac{60}{(S_i - S_{i-1})}, \quad \text{EQ-15}$$

其中 S_i 是以秒为单位的两个连续噪声突发（吸气呼吸）开始时间。因此可以使用下式计算平均呼吸率：

$$RR = \frac{60I_T}{\sum_{i=1}^{I_T} (S_i - S_{i-1})}, \quad \text{EQ-16}$$

其中 I_T 是在特定时间周期 T 内的所检测的连续呼吸（吸气噪声突发）的数目。

可以从由吸气呼吸限定器部分所确定的呼吸的持续时间以及从关于例如可以离线地确定的初始气罐填充压力和调节器平均流速的某些额外信息来估计吸气呼吸期间的近似气流量。当吸入阀开启时，空气调节器以近乎恒压将一定量气体吸入面罩（环境气体/水压的函数），只要空气供应罐压力保持在空气调节器的最小输入压力水平之上。此

外，当面罩调节器吸入阀开启时，到面罩的气流率近似恒定。因此从罐供应除去的以及传递到呼吸者的空气量与吸入阀开启的时间成比例。可以由每个吸气噪声的持续时间来测量阀开启的时间。

当充满时，供应罐中的初始空气量是罐容量 V_0 、填充压力 P_0 、气体温度 T_0 和通用气体常数 R 、以摩尔 N_m 计的气体量的函数，并且可以从公知的理想气体方程 $PV = N_mRT$ 计算。由于初始填充压力和罐圆筒体积是已知的，并假设罐气体的温度和面罩气体是相同的，可用于以面罩压力呼吸的体积由下式给出：

$$V_M = \frac{P_0 V_0}{P_M} \quad \text{等式 17}$$

那么，在吸气事件 i 期间传递到用户的空气的近似体积为：

$$IV_i \approx K_R D_i, \quad \text{等式 18}$$

其中 IV_i 是空气体积， D_i 是从吸气噪声确定的吸气事件的持续时间，以及 K_R 是涉及用于特定空气调节器的气流率的校准因数。对于单个系统，可以经验地导出 K_R ，或者可以从制造商的数据导出。从单个吸气体积可以将直至时间 T 所使用空气的大约总量 V_T 限定为：

$$V_T \approx \sum_{i=1}^{I_T} IV_i, \quad \text{等式 19}$$

其中 I_T 是到时间 T 的吸气总数。因此剩余罐供应气体是：

$$V_R \approx V_M - V_T. \quad \text{等式 20}$$

INRRA 方法的某些优点包括可以使用在最小话音带宽上拾取呼吸噪声的任何麦克风信号，并且不需要特定的传感器。另一个优点在于呼吸检测器是基于检测由具有稳定谱特性的空气调节器产生的噪声，而不是特征变化的人类呼吸噪声。还有一个优点在于没有将呼吸检测器固定为如其它类型声学呼吸分析器那样检验特定频率。此外，该系统自动地适应于环境的变化，以及不同的用户和加压空气呼吸器面罩系

统。因此，INRRA 方法可以提供持续地瞬时或平均呼吸率，并近似空气使用体积数据，这是可以在例如系统 100 之外经由无线数据信道自动地发送至用户的有用信息。本领域技术人员将理解，上述优点不意味着包括与本发明的 INRRA 实施例相关的全部优点，而仅仅意味着用于其代表。

根据本发明的所有三个方法（ARINA、AMSE 和 INRRA）优选地实现为存储在存储器设备（其包括在根据上述系统 100 的系统中）中的软件算法，以及以适宜的处理设备例如系统 100 的 DSP 138 实现其步骤。对应于本发明的自相关和 LPC 滤波方法的算法将占据大部分处理器时间。然而，可以替换地在小型硬件芯片空间中有效地实现对应于 ARINA、AMSE 和 INRRA 的这些算法或算法的全部。此外，由于 AMSE 方法使用如 ARINA 方法的许多方法，在本发明的其它实施例中，可以有效地组合它们。

尽管已经结合其特定实施例说明了本发明，对于本领域技术人员可以容易地有额外的优点和改进。因此在宽泛的概念中，本发明不限制于示出和描述的特定细节、代表装置和说明性例子。对于本领域技术人员，在上述说明的教导下，各种替换、改进和变化是显而易见的。例如，尽管上面说明了用于标识并衰减吸气噪声的方法，但是参照本发明说明的方法可以应用到其它类型的噪声，例如呼气噪声或具有伪平稳谱特性的其它类型噪声，该特性使得它们使用上述方法被有效的检测。因此，应理解本发明不被上述说明所限制，而是根据所附权利要求的精神和范围，包括全部这种替换、改进和变化。

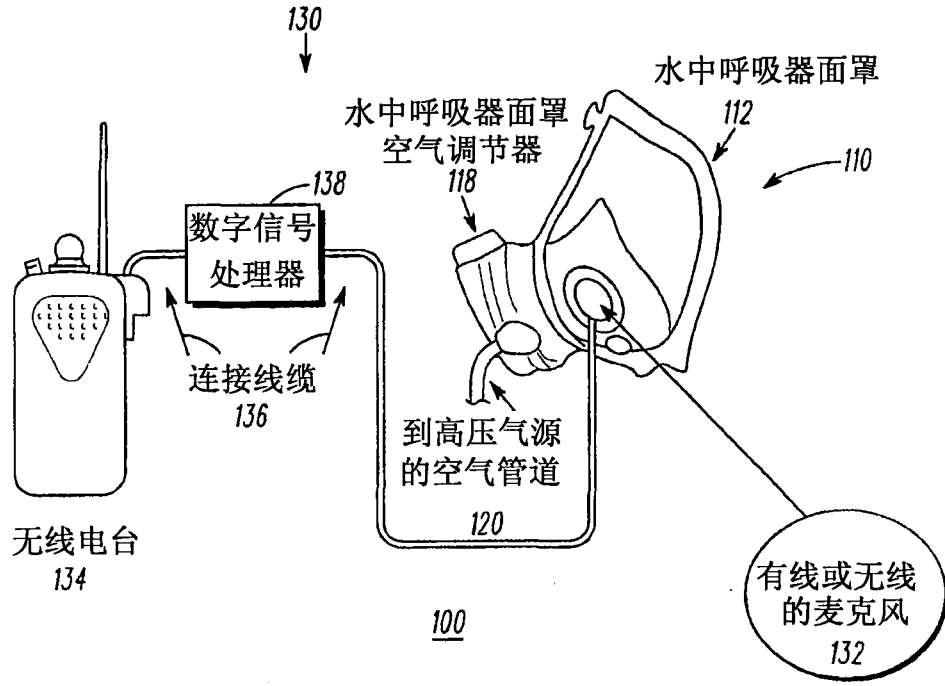


图1

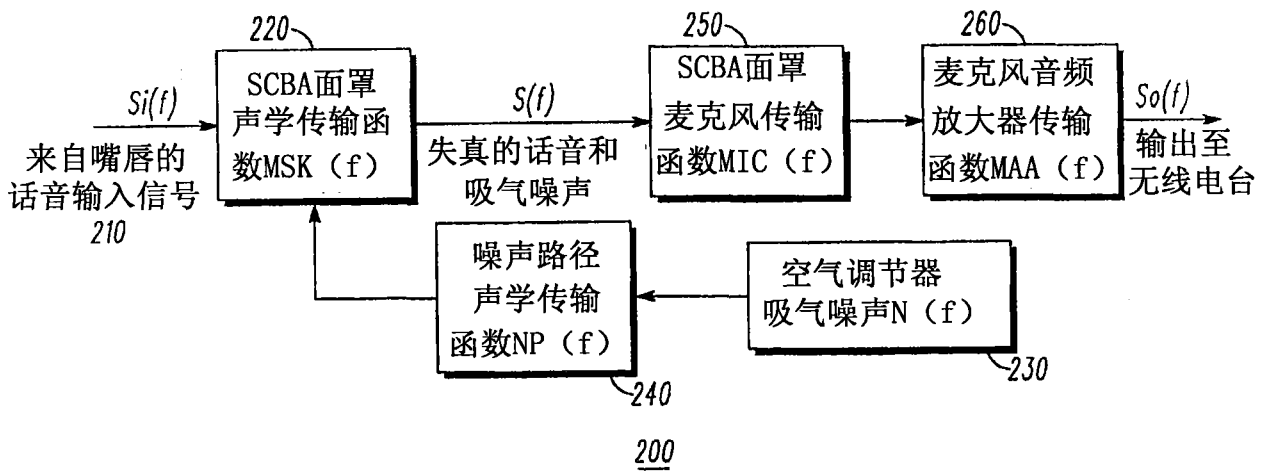


图2

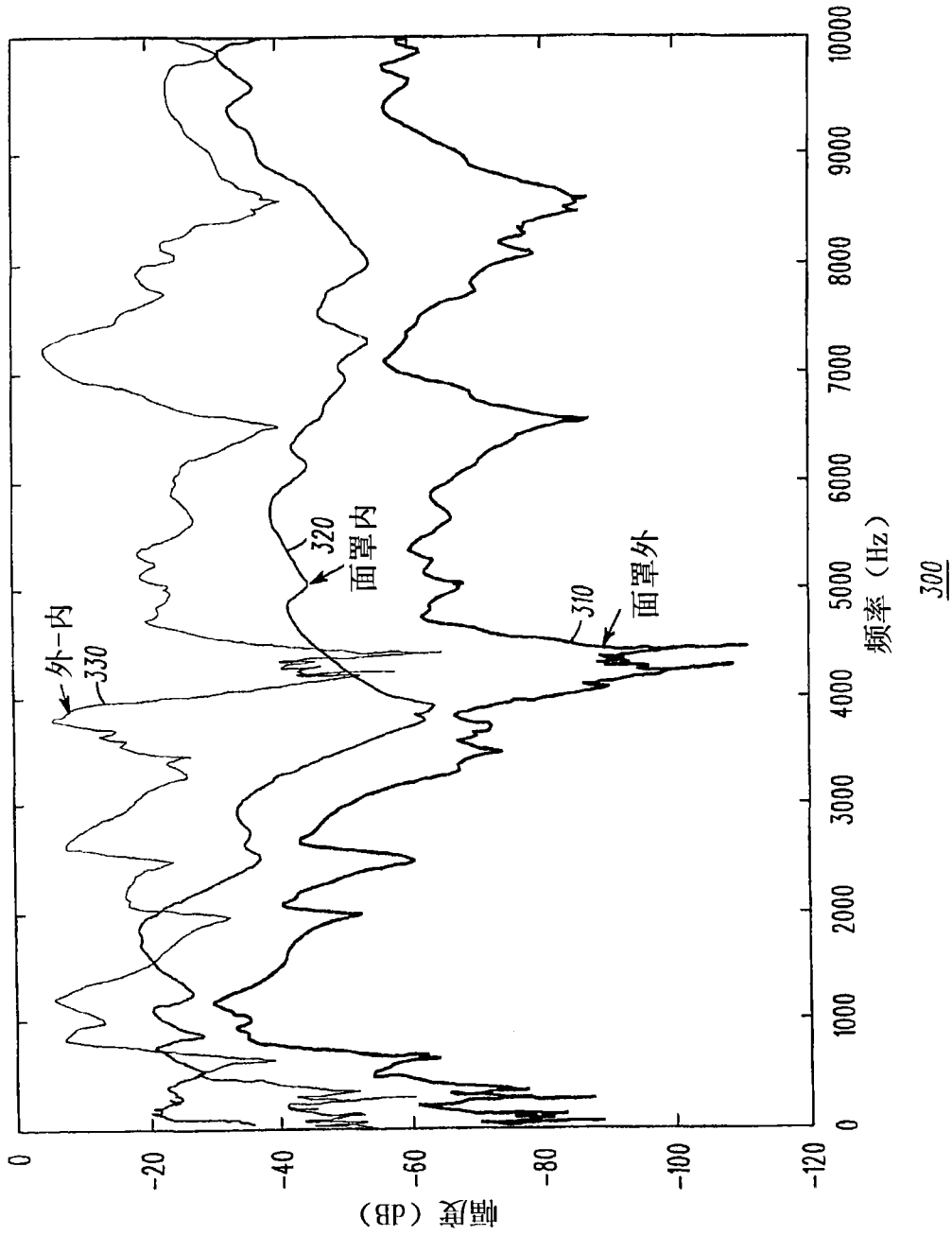


图3

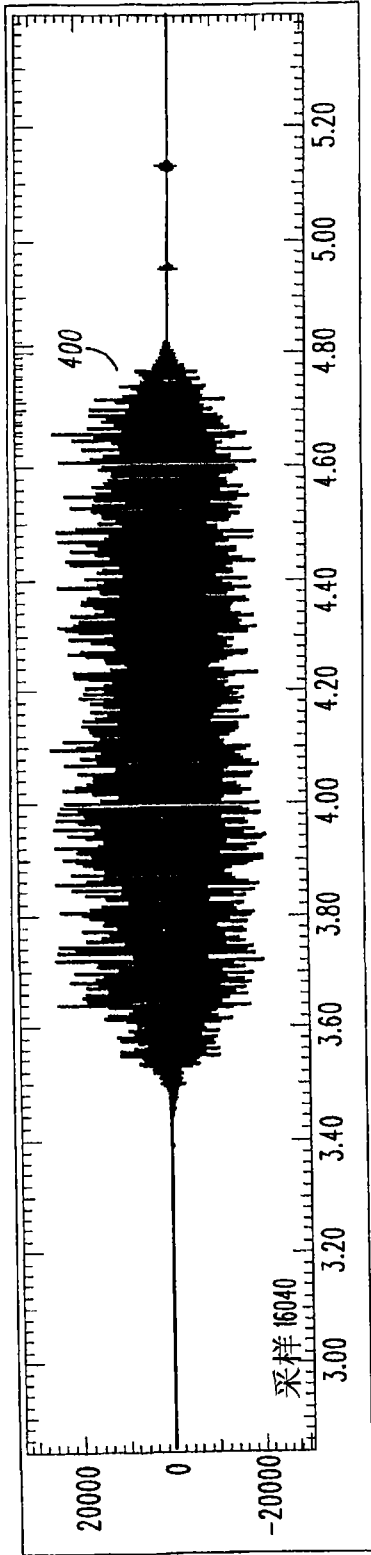


图4

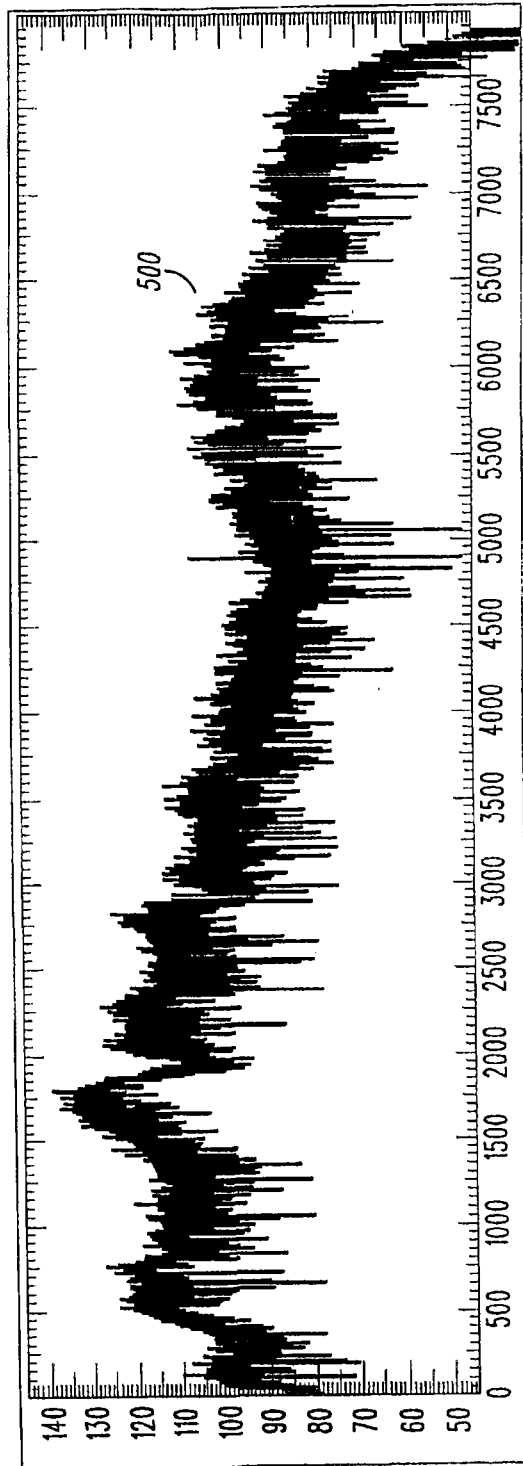
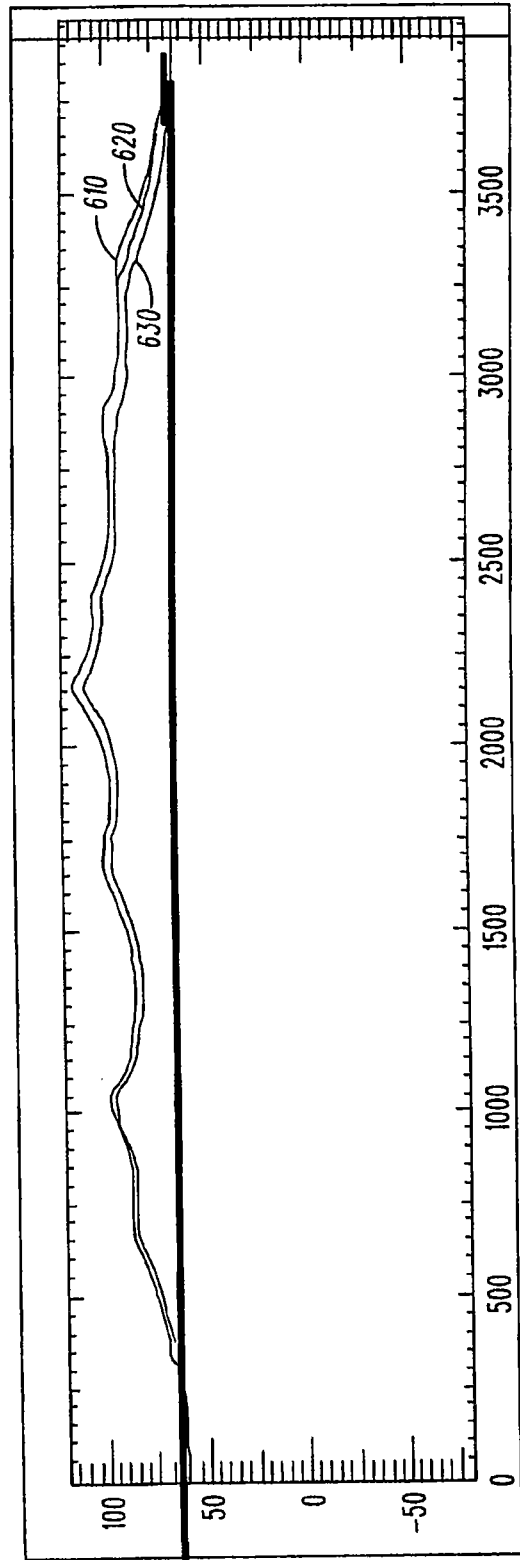
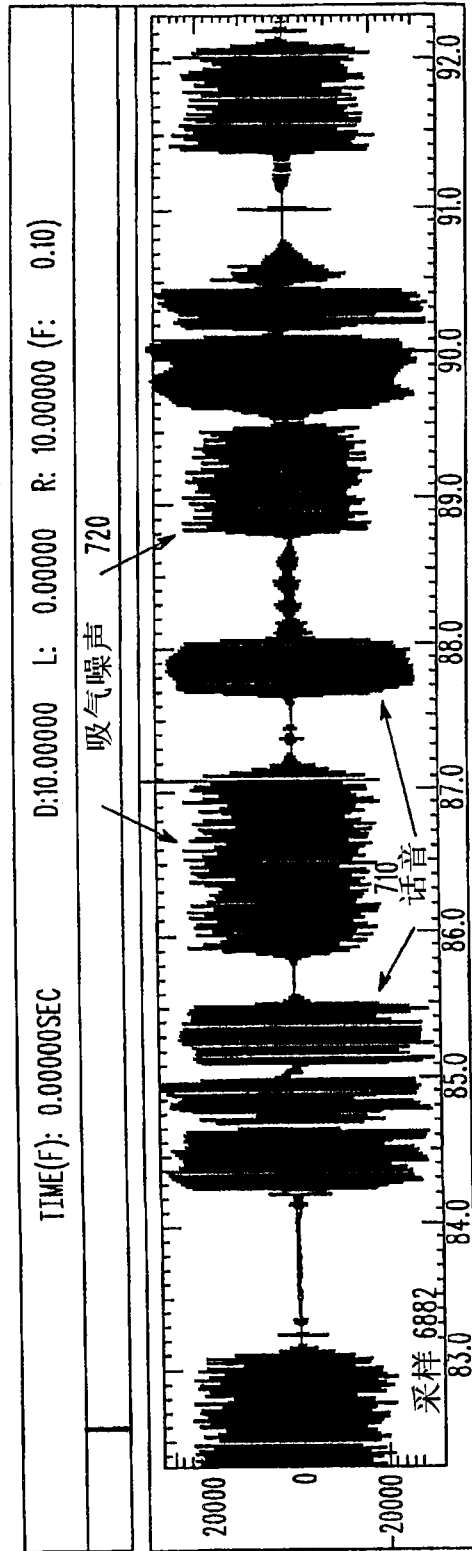


图5



600

图6



700

图7

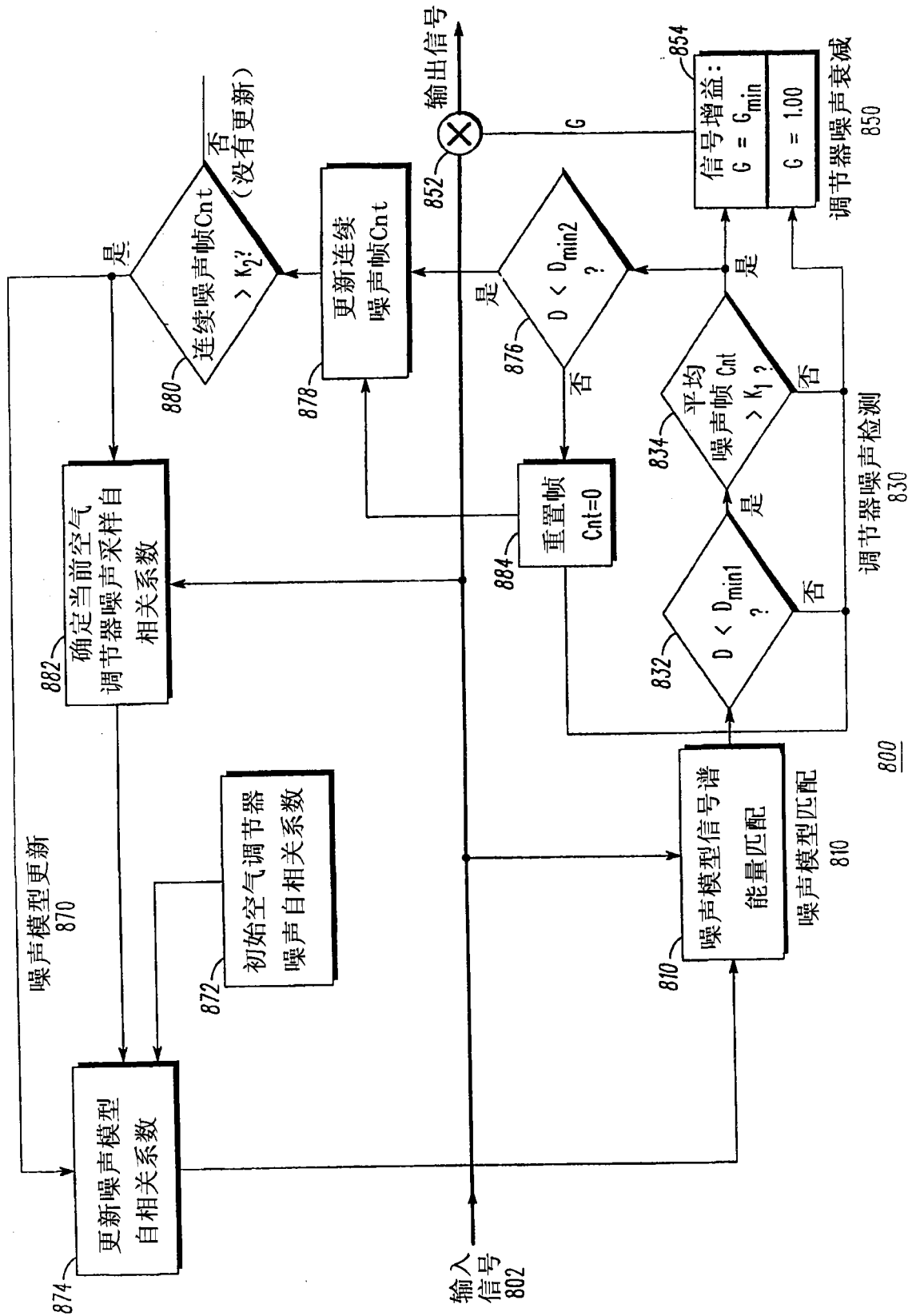
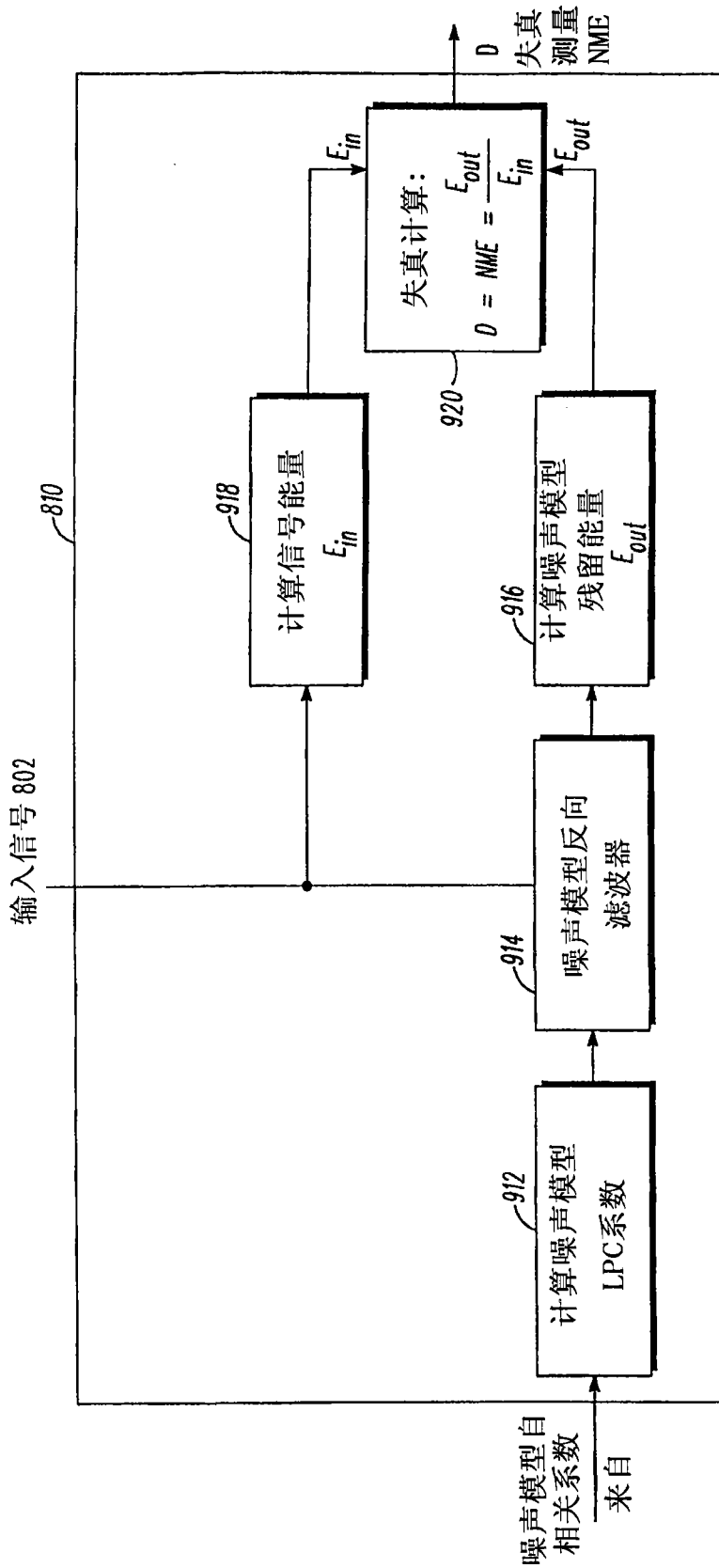
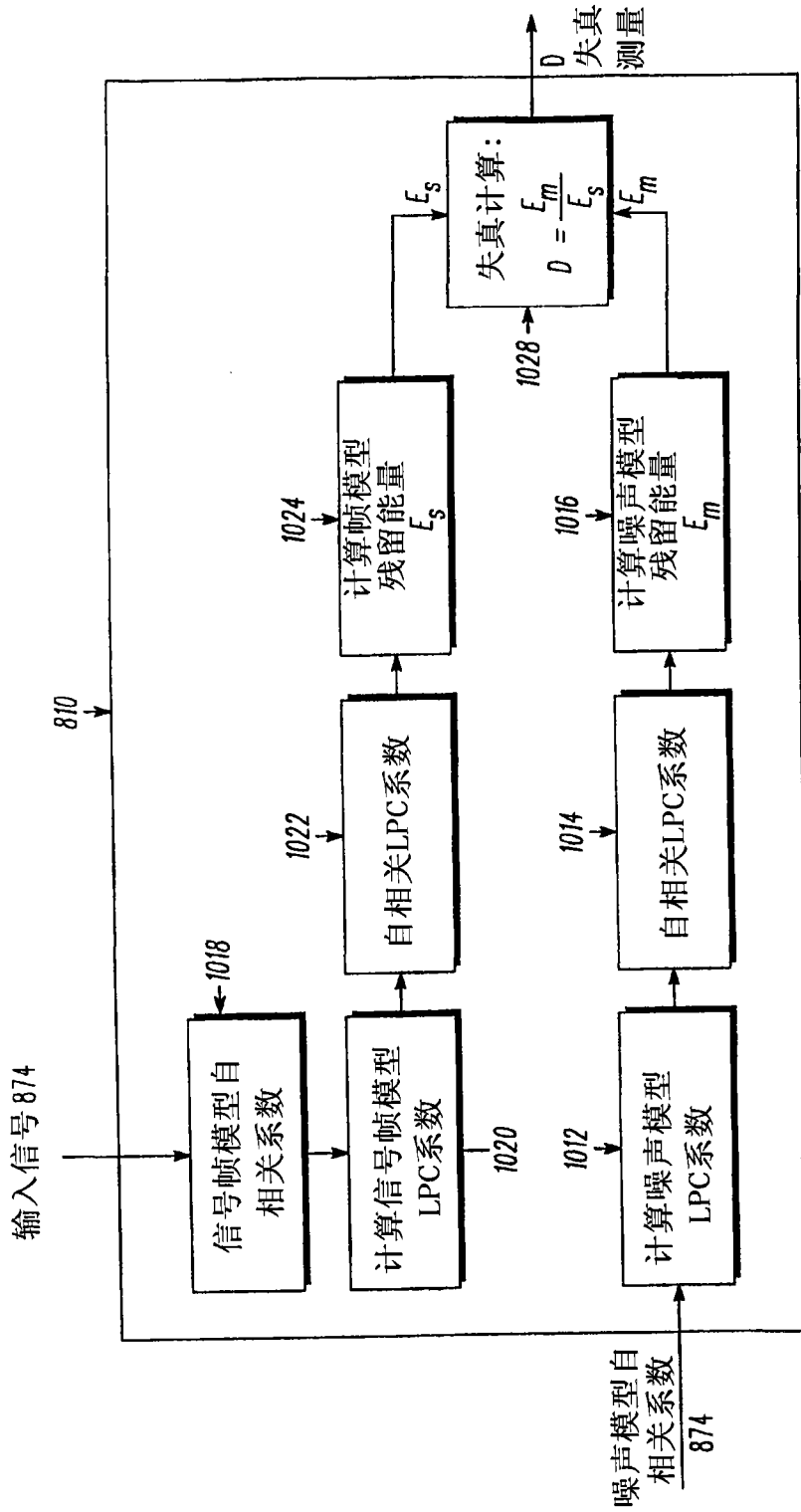


图8



900

图9



1000

图10

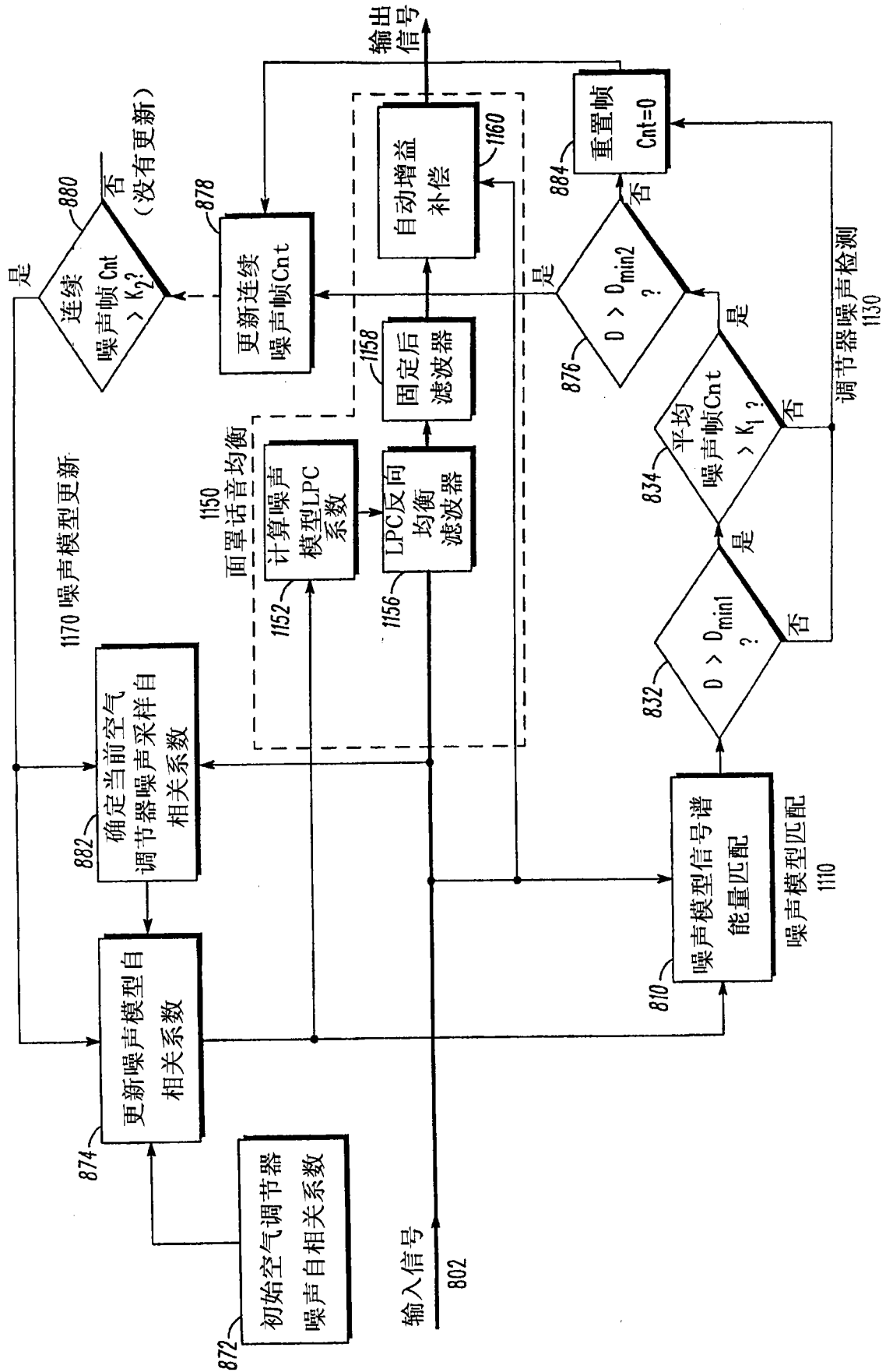
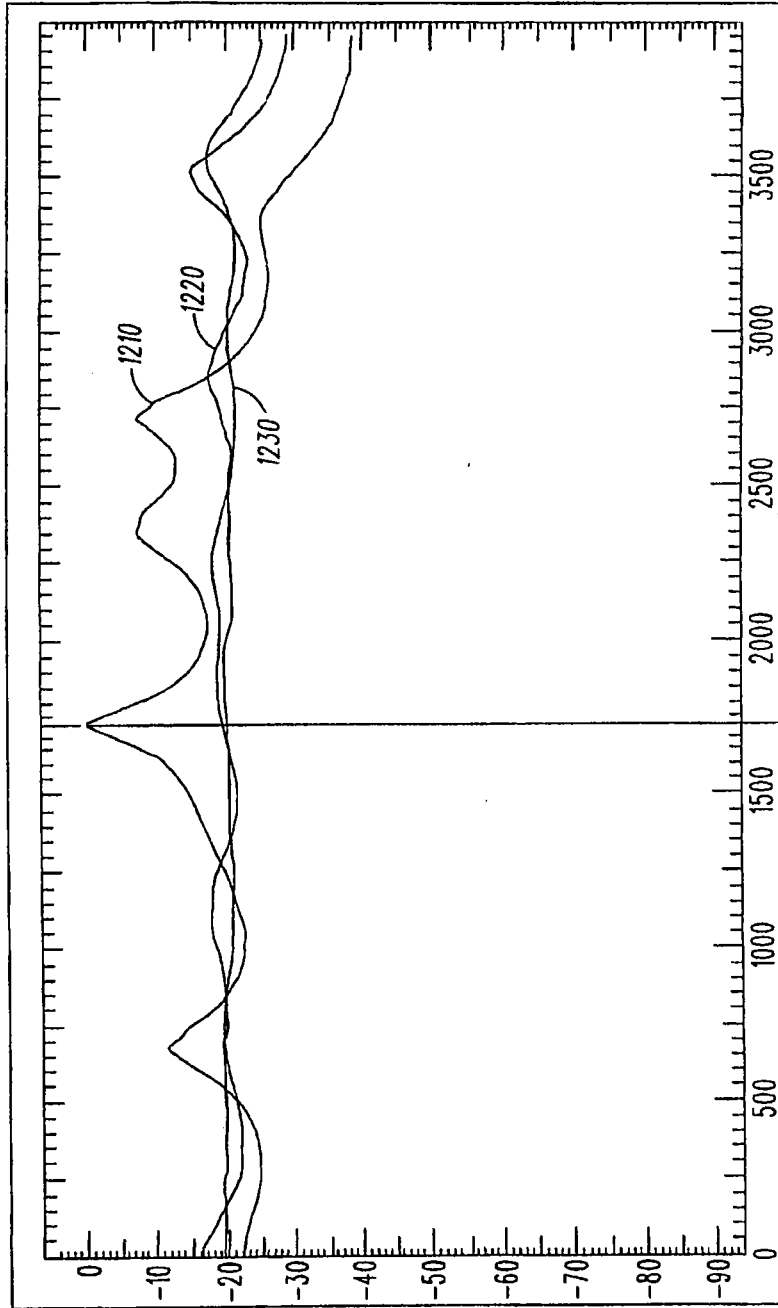


图11



1200

图12

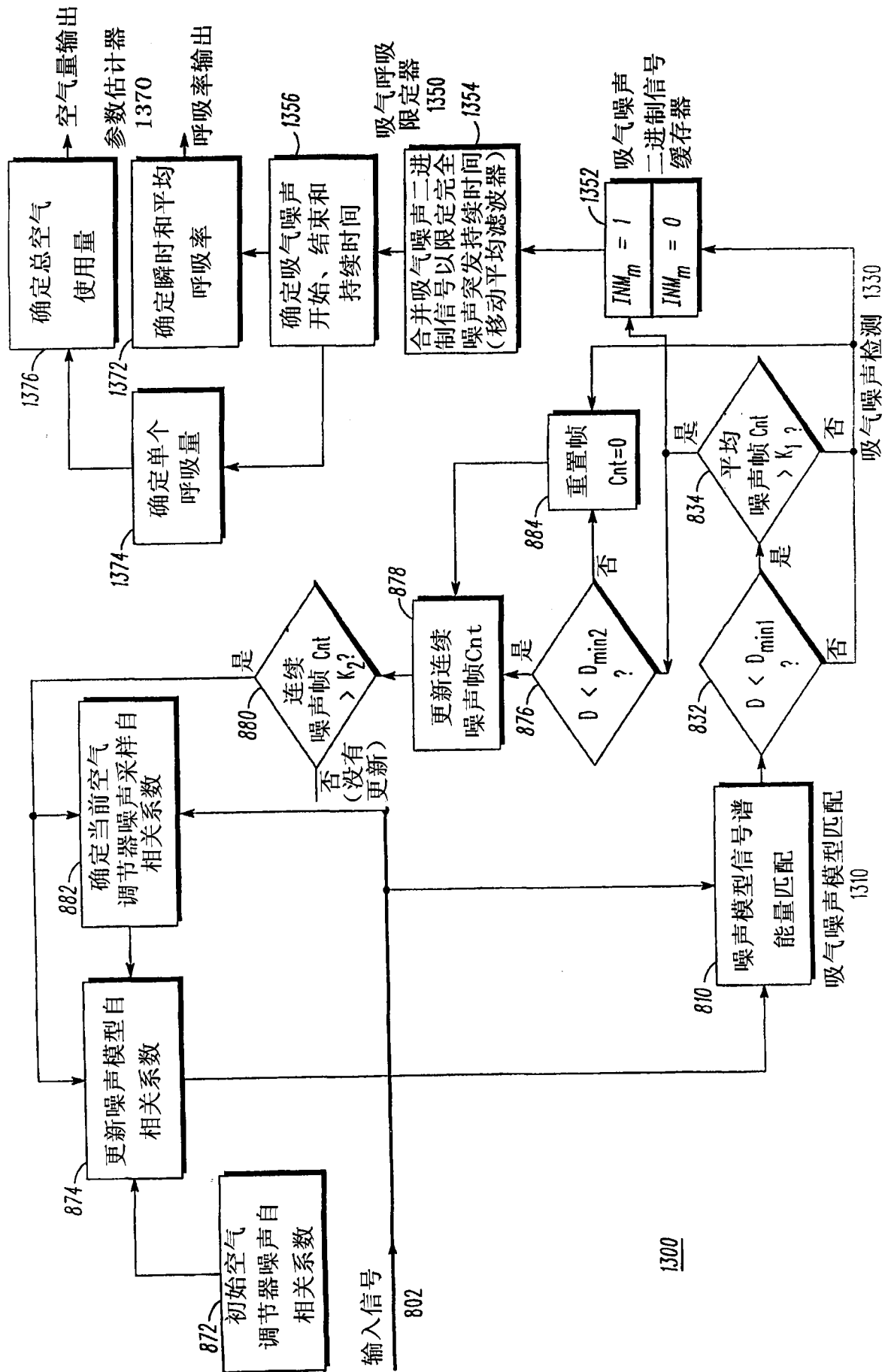


图13

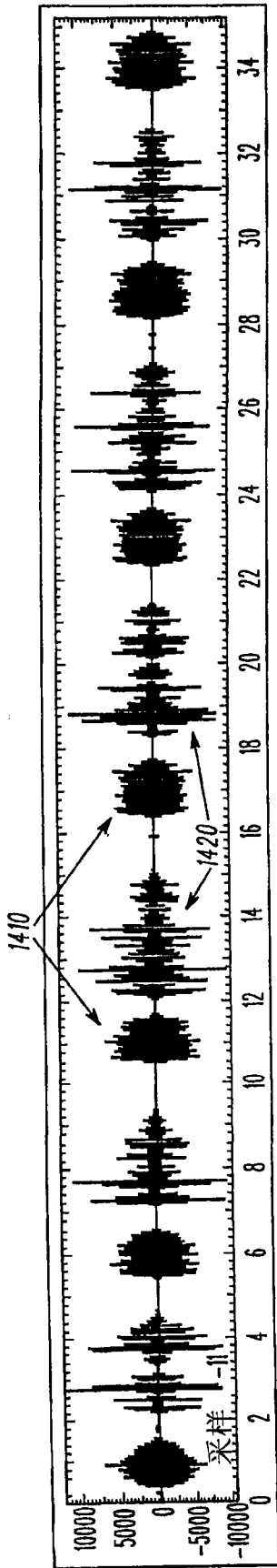


图14

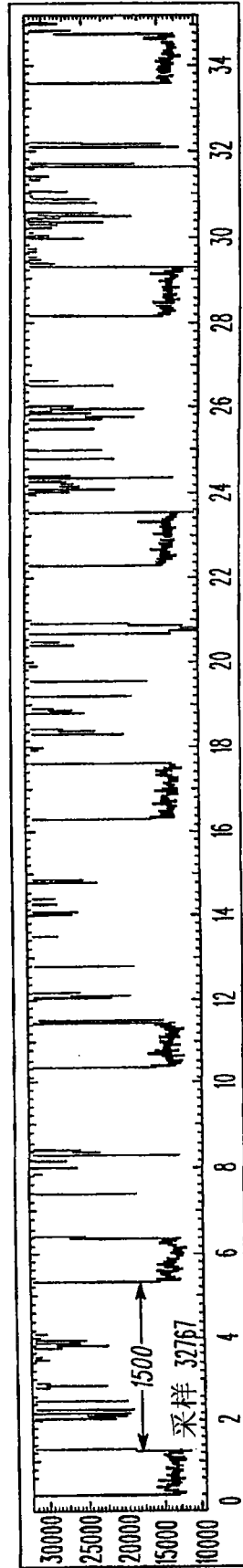


图15

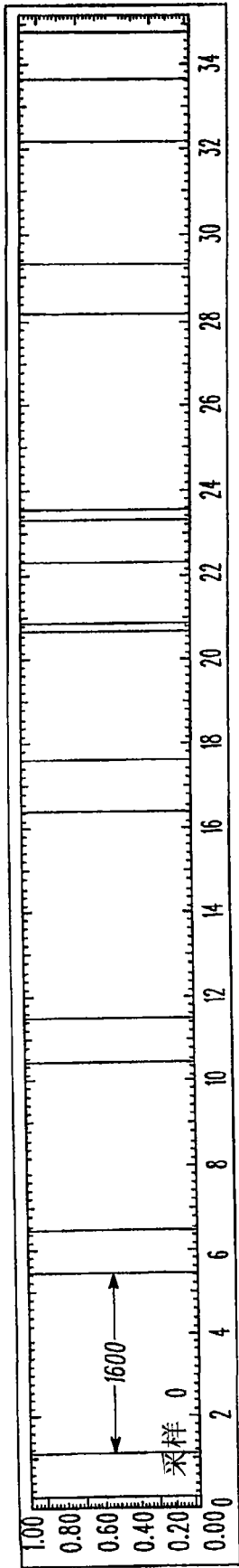


图16

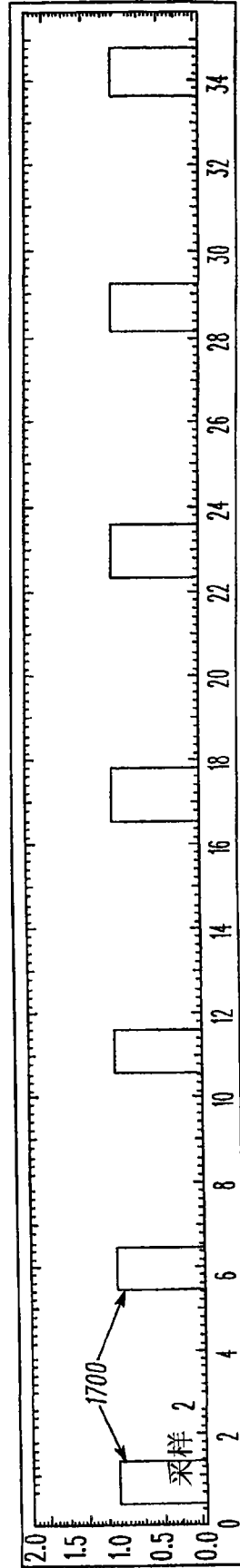


图17