



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106507258 B

(45)授权公告日 2020.09.11

(21)申请号 201610806853.3

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2016.09.06

H04R 25/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 周浩杰

申请公布号 CN 106507258 A

(43)申请公布日 2017.03.15

(30)优先权数据

15184008.9 2015.09.07 EP

(73)专利权人 奥迪康有限公司

地址 丹麦斯门乌姆

(72)发明人 M·郭 B·康佐

(74)专利代理机构 北京金阙华进专利事务所

(普通合伙) 11224

代理人 陈建春

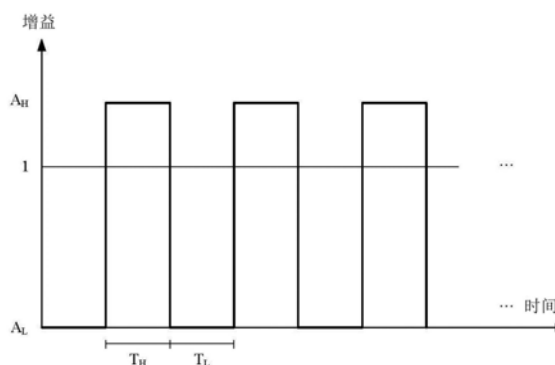
权利要求书2页 说明书16页 附图7页

(54)发明名称

一种听力装置及其运行方法

(57)摘要

本申请公开了包括基于信号能量再分配的反馈抵消系统的听力装置,其包括输入变换器、输出变换器及信号处理单元,正向通路将合成正向增益施加到电输入信号并提供合成信号;所述听力装置还包括反馈减少单元,用于降低因外部反馈通路的声或机械反馈引起啸声的风险,所述正向通路和外部反馈通路形成展现往返环路时延的环形通路,其中所述反馈减少单元配置成按时间调制所请求的正向增益以使得合成正向增益在第一时间段展现第一增大的增益及在第二时间段展现第二减小的增益,其中第一、第二增益和第一、第二时间段中的至少一个根据预定或自适应确定的判据确定;及其中所述判据包括第一和/或第二时间段根据正向通路和外部反馈通路的往返环路时延确定。



1. 一种听力装置,包括用于将输入声音转换为表示声音的电输入信号的输入变换器、用于将处理后的电输出信号转换为输出声音或机械振动的输出变换器、及在工作时连接到输入和输出变换器并配置成将请求的正向增益施加到电输入信号或源自其的信号的信号处理单元,输入变换器、信号处理单元和输出变换器形成听力装置的正向通路的一部分,所述正向通路将合成正向增益施加到电输入信号并提供合成信号;所述听力装置还包括反馈减少单元,用于降低因从输出变换器到输入变换器的外部反馈通路的声或机械反馈引起啸声的风险,所述正向通路和外部反馈通路形成展现往返环路时延的环形通路,其中所述反馈减少单元配置成按时间调制所请求的正向增益以使得合成正向增益在第一时间段 $T_H$ 展现第一增大的增益 $A_H$ 及在第二时间段 $T_L$ 展现第二减小的增益 $A_L$ ,其中第一增益 $A_H$ 、第二增益 $A_L$ 、第一时间段 $T_H$ 和第二时间段 $T_L$ 中的至少一个根据预定或自适应确定的判据进行确定;及其中所述判据包括第一时间段 $T_H$ 和/或第二时间段 $T_L$ 根据正向通路和外部反馈通路的往返环路时延确定。

2. 根据权利要求1所述的听力装置,其中由反馈减少单元提供的所请求的正向增益的调制随时间展现预定或自适应确定的增益图,在对应的时间段 $T_1, T_2, T_3, \dots, T_N$ 具有预定和/或自适应确定及调节的增益 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_N$ 。

3. 根据权利要求2所述的听力装置,其中所施加的增益图包括预定增益图 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_N$ 的重复出现,其中重复时间或周期为 $T_1+T_2+T_3+\dots+T_N$ 。

4. 根据权利要求1所述的听力装置,其中所述判据包括第二时间段 $T_L$ 选择成小于环路时延 $T_{loop}$ 或者选择成与环路时延之间满足关系 $T_{loop}/2 < T_L < T_{loop} * 2$ 。

5. 根据权利要求1所述的听力装置,包括控制单元,用于估计当前环路或平均环路时延或者与典型环路时延或典型平均环路时延之间的偏差。

6. 根据权利要求1所述的听力装置,其中所述判据包括第一和第二时间段及第一和第二增益配置成相较于所请求正向增益的调制之前的信号节约合成信号中的能量。

7. 根据权利要求1所述的听力装置,配置成使得增大的增益 $A_H$ 和/或减小的增益 $A_L$ 在第一和第二时间段 $T_H$ 和 $T_L$ 期间可变。

8. 根据权利要求1所述的听力装置,包括时域到时频域转换单元,用于按多个频带提供电输入信号或源自其的信号。

9. 根据权利要求1所述的听力装置,配置成使得随时间的增益修改在一个或多个所选或者所有频带中进行。

10. 根据权利要求9所述的听力装置,适于使得增大的增益 $A_H$ 和/或减小的增益 $A_L$ 可针对至少部分频带进行配置。

11. 根据权利要求9所述的听力装置,适于使得增大的增益 $A_H$ 和减小的增益 $A_L$ 仅在预期出现啸声风险的频带中应用。

12. 根据权利要求9所述的听力装置,适于使得增大的增益 $A_H$ 和减小的增益 $A_L$ 仅在高于第一阈频 $f_{THL}$ 的频带中应用。

13. 根据权利要求1所述的听力装置,包括助听器、耳机、耳朵保护系统或其组合。

14. 一种听力装置的运行方法,所述听力装置包括用于将合成正向增益施加到电输入信号并提供合成信号的正向通路,所述方法包括:

-提供表示声音的电输入信号;

- 将请求的正向增益施加到电输入信号或源自其的信号并提供处理后的信号;
- 提供合成信号以转换为输出声音;及
- 通过按时间调制所请求的正向增益使得合成正向增益在第一时间段 $T_H$ 展现第一增大的增益 $A_H$ 及在第二时间段 $T_L$ 展现第二减小的增益 $A_L$ 而降低因将输出声音泄漏到输入声音的外部反馈通路的声或机械反馈引起啸声的风险;及
- 使得第一增益 $A_H$ 、第二增益 $A_L$ 、第一时间段 $T_H$ 和第二时间段 $T_L$ 中的至少一个根据预定或自适应确定的判据进行确定,其中所述判据包括第一时间段 $T_H$ 和/或第二时间段 $T_L$ 根据正向通路和外部反馈通路的往返环路时延确定。

## 一种听力装置及其运行方法

### 技术领域

[0001] 本申请涉及听力装置如助听器中的音频处理。本发明尤其涉及从输出到输入变换器的声或机械反馈,具体地,涉及前述反馈的减少或消除。一方面,本发明涉及听力装置。本申请还涉及听力装置的运行方法及听力装置的用途。

[0002] 本申请还涉及包括处理器和程序代码的数据处理系统,程序代码使得处理器执行本发明方法的至少部分步骤。

[0003] 本发明例如可用在下述应用中:助听器、耳机、耳麦、有源耳朵保护系统、免提电话系统、移动电话、远程会议系统、广播系统、卡拉OK系统、教室放大系统等。

### 背景技术

[0004] 包括正向通路和输出变换器的音频系统中声反馈问题众所周知,其中正向通路用于放大声输入变换器从环境拾取的输入声音,输出变换器用于将输入信号的放大版本作为输出声音呈现给环境如呈现给一个或多个用户。

[0005] 之所以出现声反馈,是因为来自音频系统的输出变换器(如扬声器)信号经通过空气或其它媒介的声耦合部分返回到传声器,其中音频系统提供输入变换器(如传声器)拾取的信号的放大。返回到传声器的扬声器信号部分之后在其再次出现在扬声器之前被系统再次放大,及再次返回到传声器。随着该循环继续,当系统变得不稳定时,声反馈效应变成听得见的非自然信号,甚至更糟的啸声。该问题通常在传声器和扬声器靠近地放在一起时出现,例如在助听器或其它音频系统中。具有反馈问题的一些其它典型情形为电话学、广播系统、头戴式耳机、音频会议系统等。反馈抵消(或减少)通常通过从输入信号减去反馈信号的估计量以提供反馈校正的输入信号而实现。自适应反馈估计具有跟踪反馈通路随时间变化的能力。其基于线性时不变滤波器估计反馈通路,但其滤波器权重随时间更新。滤波器更新可使用随机梯度算法进行计算,例如包括一些形式的最小均方(LMS)或归一化LMS(NLMS)算法。它们均具有使误差信号(如反馈校正的输入信号)的均方最小化的性质,NLMS另外使滤波器更新相对于一些参考信号(如输出信号)的欧几里得范数的平方归一化。上面提及的方法的成功取决于其在动态声环境中提供最新反馈通路估计量的能力(包括能够区分源自环境的音成分和因反馈引起的音成分)。控制自适应算法的自适应速率以跟随声环境的动态变化是一个难题。

[0006] EP2148527A1公开了一种包括左和右助听器装置的助听器系统,其通过使用耳间信号传输(相应传声器信号横越到对侧装置)及在相应助听器装置中应用二元(互补)增益图而完全消除声反馈。

[0007] US2015011266A1公开了在远程会议装备中使用的喇叭扩音器,其中分别在传声器和扬声器通路中应用互补滤波方案。

### 发明内容

[0008] 本发明提供解决声反馈问题的独立解决方案,但其也可结合其它已知的反馈控制

系统如包括用于估计当前外部反馈通路的自适应滤波器的反馈抵消系统一起使用。

[0009] 本发明的目标在于提供用于减少或消除听力装置中的外部反馈的备选方案。

[0010] 本申请的目标由所附权利要求及下面的描述中限定的发明实现。

[0011] 听力装置

[0012] 在本申请的一方面,本申请的目标由听力装置如助听器实现,其包括用于将输入声音转换为表示声音的电输入信号的输入变换器、用于将处理后的电输出信号转换为输出声音或机械振动的输出变换器、及在工作时连接到输入和输出变换器并配置成将请求的正向增益应用于电输入信号或源自其的信号的信号处理单元,输入变换器、信号处理单元和输出变换器形成听力装置的正向通路的一部分。正向通路将合成(所得)正向增益应用于电输入信号并提供合成(所得)信号。听力装置还包括反馈减少单元,用于降低因从输出变换器到输入变换器的外部反馈通路的声或机械反馈引起啸声的风险。正向通路和外部反馈通路形成展现往返环路延迟的环形通路。反馈减少单元配置成按时间调制请求的正向增益以使得合成正向增益在第一时间段 $T_H$ 展现第一增大的增益 $A_H$ 及在第二时间段 $T_L$ 展现第二减小的增益 $A_L$ ,其中第一增益 $A_H$ 、第二增益 $A_L$ 、第一时间段 $T_H$ 和第二时间段 $T_L$ 中的至少一个根据预定或自适应确定的判据进行确定。

[0013] 从而,可实现外部反馈的减少或消除。

[0014] 术语“第一增大的增益 $A_H$ ”和“第二减小的增益 $A_L$ ”意为(在特定时间点(时域表示)或在特定时间和频率点(时频表示))分别相对于所请求的增益增大和减小。在本说明书中,术语“请求的增益”意为将应用于电输入信号以提供电输入信号的计划放大(从而例如补偿用户的听力受损和/或补偿有噪声环境等)的增益。

[0015] 总的来说,反馈减少单元配置成按时间调制请求的随频率而变的正向增益,以使得合成正向增益在一些时间段比请求的增益高及在其它时间段比请求的增益低。

[0016] 在实施例中,由反馈减少单元提供的所请求的正向增益的调制随时间展现预定增益图,在对应的时间段 $T_1, T_2, T_3, \dots, T_N$ 具有预定和/或自适应确定及调节的增益 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_N$ 。

[0017] 在实施例中,所应用的增益图包括预定增益图 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_N$ 的重复出现,其中重复时间(或周期)为 $T_1+T_2+T_3+\dots+T_N$ 。总的来说, $N$ 大于或等于2。在实施例中, $N$ 等于2,如等于3。

[0018] 在实施例中,第一和第二时间段分别细分为多个子时间段 $T_{H1}, T_{H2}, \dots, T_{H_{NH}}$ 和 $T_{L1}, T_{L2}, \dots, T_{L_{NL}}$ ,其中 $NH$ 和 $NL$ 分别为子时间段 $T_H$ 和 $T_L$ 的数量,及其中每一时间段分别具有其对应的(可能不同的)相对高( $A_{H1}, A_{H2}, \dots, A_{H_{NH}}$ )和相对低( $A_{L1}, A_{L2}, \dots, A_{L_{NL}}$ )增益。在实施例中,应用的增益图包括预定增益图( $A_{H1}, A_{H2}, \dots, A_{H_{NH}}, A_{L1}, A_{L2}, \dots, A_{L_{NL}}$ )的重复出现,其中重复时间(或周期)为 $T_{H1}+T_{H2}+\dots+T_{H_{NH}}+T_{L1}+T_{L2}+\dots+T_{L_{NL}}$ 。

[0019] 在实施例中,预定(或动态确定的)判据包括第一时间段 $T_H$ 和/或第二时间段 $T_L$ 根据正向通路和外部反馈通路的可能平均的往返环路时延确定。在实施例中,第一和第二时间段根据往返环路时延(或者平均往返环路时延)确定。在实施例中,调制周期性发生。在实施例中,第一和第二时间段彼此相继(第二时间段随第一时间段之后,及第一时间段随第二时间段之后)。在实施例中,第一和第二时间段重复(在其间具有或没有停顿)。在实施例中,第一和第二时间段重复并彼此紧随在另一个之后(在其间没有停顿,即 $T_H, T_L, T_H, T_L, \dots$ )。在

实施例中,增益调制仅在特定反馈抵消运行模式下应用。在实施例中,在第一和第二时间段之间有衰落,如图2B中所示。

[0020] 在实施例中,第二时间段 $T_L$ 选择成类似于或小于环路时延或者平均往返环路时延 $T_{loop}$ 或者选择成与环路时延具有关系 $T_{loop}/2 < T_L < T_{loop} * 2$ 。在实施例中,第二时间段 $T_L$ 选择成与环路时延或者平均往返环路时延具有关系 $T_{loop}/10 < T_L < T_{loop} * 10$ 。在实施例中,第二时间段 $T_L$ 大于或等于环路时延或平均往返环路时延 $T_{loop}$ 。在实施例中,第一时间段 $T_H$ 选择成(实质上)等于环路时延(或平均往返环路时延) $T_{loop}$ 或者选择成与环路时延具有关系如 $T_{loop}/2 < T_H < T_{loop} * 2$ 或者 $T_{loop}/10 < T_H < T_{loop} * 10$ 。

[0021] 环路时延在不同的时间点可以不同,例如取决于信号处理单元中当前应用的算法。

[0022] 在实施例中,听力装置包括控制单元,用于估计当前环路或平均环路时延或者与典型环路时延或典型平均环路时延之间的偏差。在实施例中,控制单元配置成测量环路时延,其包括正向通路时延与反馈通路时延的和。在实施例中,预定测试信号(或可认出的(优选听不见的)调制,如下沉或尖峰)通过控制单元插入在正向通路中,其往返行程时间例如通过在测试信号(或调制)在单一(或多次)环路传播之后到达正向通路时识别测试信号进行测量(或估计)。在实施例中,典型的环路时延为ms级,如约10ms。通常,环路时延的声学部分远小于环路时延的电学(处理)部分。在实施例中,环路时延的电学(处理)部分在2ms和10ms之间的范围中,例如在5ms和8ms之间的范围中,如约7ms。环路时延可随时间相对恒定(及例如在听力装置运行之前确定)或者在不同时间点可以不同,例如取决于信号处理单元中当前应用的算法(例如在使用期间动态确定(估计))。听力装置(HD)例如可包括存储单元,其中保存听力装置在不同运行模式下的典型环路时延。

[0023] 在实施例中,预定或自适应确定的判据包括第一和第二时间段及第一和第二增益配置成相较于所请求正向增益的调制之前的信号节约合成信号中的能量。在实施例中,第一和第二时间段及第一和第二增益配置成相较于所请求正向增益的调制之前的信号节约合成信号中的能量。在实施例中,所应用的增益图(包括预定增益图 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_N$ 的重复出现(其中重复时间(或周期)为 $T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_N$ ))配置成相较于所请求正向增益的调制之前的信号节约合成信号中的能量。这具有不改变信号能量即可防止反馈问题的优点。在实施例中,首先确定第一和第二时间段 $T_H, T_L$ 及减小的增益 $A_L$ ,随后确定增大的增益 $A_H$ 以节约合成信号中的能量(相较于未根据本发明施加增大的和减小的增益的情形)。在实施例中,第一增大的增益 $A_H$ 从第二减小的增益 $A_L$ 、第一和第二时间段 $T_H$ 和 $T_L$ 确定。在实施例中, $A_H = f(A_L, T_H, T_L)$ ,约束条件为节约合成信号中的能量(相较于增益修改之前的信号)。在实施例中,第一增大的增益 $A_H$ 等于 $\sqrt{2}$ ,及第二减小的增益 $A_L$ 等于0。在实施例中,第一和第二时间段 $T_H$ 和 $T_L$ 实质上相等。在实施例中, $A_L$ 为 $A_H, T_H$ 和 $T_L$ 的函数(即 $A_L = f(A_H, T_H, T_L)$ )。在实施例中, $T_H = f(A_L, A_H, T_L)$ 。在实施例中, $T_L = f(A_L, A_H, T_H)$ 。在实施例中,这些关系满足另外的约束条件,即节约合成信号中的能量。

[0024] 在实施例中,预定或自适应确定的判据包括第一时间段 $T_H$ 和第二时间段 $T_L$ 随机选择,而第一增大的增益 $A_H$ 和第二减小的增益 $A_L$ 选择成节约输出信号能量。

[0025] 在实施例中,预定和自适应确定的判据包括第一时间段 $T_H$ 和第二时间段 $T_L$ 随机选择但与环路时延(或平均环路时延) $T_{loop}$ 具有关系如 $T_H + T_L = 2 * T_{loop}$ ,而第一增大的增益 $A_H$ 和

第二减小的增益 $A_L$ 选择成节约输出信号能量。

[0026] 在实施例中,听力装置配置成使得增大的增益 $A_H$ 和/或减小的增益 $A_L$ 在第一和第二时间段 $T_H$ 和 $T_L$ 期间可变。在实施例中,听力装置配置成使得增大的增益 $A_H$ 从最小值(如 $A_{H0}$ )朝向最大值(如 $A_{H1}$ )(如单调地)渐增(例如在第一时间段 $T_H$ 的前半段),然后朝向最小值(如单调地)渐减(例如在第一时间段 $T_H$ 的第二半段期间)。在实施例中,听力装置配置成使得减小的增益 $A_L$ 从最大值(如 $A_{L1}$ )朝向最小值(如 $A_{L0}$ )(如单调地)渐减(例如在第二时间段 $T_L$ 的前半段),然后朝向最大值(如单调地)渐增(例如在第二时间段 $T_L$ 的第二半段期间)。在实施例中,减小的增益 $A_L$ 的最大值( $A_{L1}$ )(实质上)等于增大的增益 $A_H$ 的最小值( $A_{H0}$ )(例如参见图2B)。在实施例中,听力装置配置成使得增大的增益 $A_H$ 和/或减小的增益 $A_L$ 分别在第一和第二时间段 $T_H$ 和 $T_L$ 期间(实质上)恒定不变。

[0027] 在实施例中,听力装置包括时域到时频域转换单元,用于按多个频带提供电输入信号或源自其的信号。在实施例中,时域到时频域转换单元包括分析滤波器组或傅里叶变换单元(如基于快速傅里叶变换算法)。在实施例中,听力装置包括时频域到时域转换单元,用于将电输出信号提供为时域信号(例如合成滤波器组或逆快速傅里叶变换算法)。

[0028] 在实施例中,听力装置配置成使得随时间的增益修改在一个或多个所选或者所有频带中进行。在实施例中,每一所选频带可展现独特增益修改特性(如独特的(频带特有) $A_H, A_L, T_H, T_L$ )。每一频带的这四个(或四个以上,如 $A_3, A_4, \dots, T_3, T_4, \dots$ )可独立于其它频带进行设置。同样,增益修改算法不必须一直均被启用,而是可在每一频带分开地启用/禁用,例如在线,例如基于用于监测听力装置的当前输入信号的一个或多个检测器和/或基于当前声环境(如包括反馈检测器)。

[0029] 在实施例中,听力装置适于使得增大的增益 $A_H$ 和/或减小的增益 $A_L$ 可针对至少部分频带进行配置。在实施例中,增大的增益 $A_H$ 和/或减小的增益 $A_L$ 可针对至少部分频带 $FB_i, i=1, 2, \dots, N_{FB}$ 个别地进行设置。在实施例中,增大的增益 $A_H$ 和/或减小的增益 $A_L$ 在至少部分频带中分别设为同样的值 $A_{H,0}$ 和 $A_{L,0}$ 。在实施例中, $A_H(FB_i), A_L(FB_i), T_H(FB_i), T_L(FB_i)$ 中的每一个和相邻频带的增益图之间的时间偏移 $T_d(FB_i)$ 可独立于彼此进行选择。

[0030] 在实施例中,听力装置适于使得增大的增益 $A_H$ 和减小的增益 $A_L$ 仅在预期出现啸声风险的频带中应用。在实施例中,预期出现啸声风险的频带例如可在听力装置正常运行之前估计或确定,例如在验配期间,其中听力装置适应特定用户需要(例如补偿用户的听力受损)。作为备选或另外,预期出现啸声风险的频带例如可在线自动选择,例如通过用于估计给定频带中的当前反馈水平的反馈检测器确定。

[0031] 在实施例中,听力装置适于使得增大的增益 $A_H$ 和减小的增益 $A_L$ 仅在高于第一阈频 $f_{THL}$ 的频带中应用(例如参见图3A)。在实施例中,第一阈频 $f_{THL}$ 小于或等于1kHz。在实施例中,第一阈频 $f_{THL}$ 在500Hz和1kHz之间的范围中。在实施例中,第一阈频 $f_{THL}$ 小于或等于2kHz。在实施例中,第一阈频 $f_{THL}$ 在1kHz和2kHz之间的范围中。在实施例中,听力装置适于使得增大的增益 $A_H$ 和减小的增益 $A_L$ 仅在高于第一阈频 $f_{THL}$ 和低于第二阈频 $f_{THH}$ 的频带中应用。在实施例中,第二阈频 $f_{THH}$ 大于或等于5kHz。在实施例中,第二阈频 $f_{THH}$ 在5kHz和10kHz之间的范围中。

[0032] 在实施例中,听力装置包括助听器、耳机、有效耳朵保护系统或其组合。

[0033] 信号处理单元配置成增强输入信号并提供处理后的输出信号。在实施例中,听力

装置(如信号处理单元)适于提供随频率而变的增益和/或随电平而变的压缩和/或一个或多个频率范围到一个或多个其它频率范围的移频(具有或没有频率压缩)以补偿用户的听力受损。数字助听器的各个方面在[Schaub;2008]中描述。

[0034] 听力装置包括适于基于处理后的电信号提供由用户感知为声信号的刺激的输出变换器。在实施例1中,输出变换器包括用于将刺激作为声信号提供给用户的接收器(扬声器)。在实施例2中,输出变换器包括用于将刺激作为颅骨的机械振动提供给用户的振动器(例如在附着到骨头的或骨锚式听力装置中)。

[0035] 听力装置包括用于提供表示声音的电输入信号的输入变换器。在实施例1中,听力装置包括定向传声器系统,其适于增强佩戴听力装置的用户的环境中的多个声源之中的目标声源。在实施例2中,定向系统适于检测(如自适应检测)传声器信号的特定部分源自哪一方向。这可以如现有技术中描述的多种不同方式实现。

[0036] 在实施例1中,听力装置包括用于从另一装置如通信装置或另一听力装置无线接收直接电输入信号的天线和收发器电路。

[0037] 在实施例1中,听力装置是(或包括)便携式装置,例如包括本地能源如电池例如可再充电电池的装置。

[0038] 听力装置包括输入变换器(传声器系统和/或直接电输入(如无线接收器))和输出变换器之间的正向或信号通路。信号处理单元位于正向通路中。在实施例1中,听力装置包括具有用于分析输入信号(如确定电平、调制、信号类型、声反馈估计量等)的功能件的分析通路。在实施例2中,分析通路和/或信号通路的部分或所有信号处理在频域进行。在实施例3中,分析通路和/或信号通路的部分或所有信号处理在时域进行。

[0039] 在实施例1中,表示声信号的模拟电信号在模数(AD)转换过程中转换为数字音频信号,其中模拟信号以预定采样频率或采样速率 $f_s$ 进行采样, $f_s$ 例如在从8kHz到40kHz的范围中(适应应用的特定需要)以在离散的时间点 $t_n$ (或 $n$ )提供数字样本 $x_n$ (或 $x[n]$ ),每一音频样本通过预定的 $N_s$ 比特表示声信号在 $t_n$ 时的值, $N_s$ 例如在从1到16比特的范围中。数字样本 $x$ 具有 $1/f_s$ 的时间长度,如 $50\mu s$ ,对于 $f_s=20kHz$ 。在实施例2中,多个音频样本按时间帧安排。在实施例3中,一时间帧包括64个音频数据样本。根据实际应用可使用其它帧长度。

[0040] 在实施例1中,听力装置包括模数(AD)转换器以按预定的采样速率如20kHz对模拟输入进行数字化。在实施例2中,听力装置包括数模(DA)转换器以将数字信号转换为模拟输出信号,例如用于经输出变换器呈现给用户。

[0041] 在实施例1中,听力装置如传声器单元和/或收发器单元包括用于提供输入信号的时频表示的TF转换单元。在实施例2中,时频表示包括所涉及信号在特定时间和频率范围的相应复值或实值的阵列或映射。在实施例3中,TF转换单元包括用于对(时变)输入信号进行滤波并提供多个(时变)输出信号的滤波器组,每一输出信号包括截然不同的输入信号频率范围。在实施例4中,TF转换单元包括用于将时变输入信号转换为频域中的(时变)信号的傅里叶变换单元。在实施例5中,听力装置考虑的、从最小频率 $f_{min}$ 到最大频率 $f_{max}$ 的频率范围包括从20Hz到20kHz的典型人听频范围的一部分,例如从20Hz到12kHz的范围的一部分。在实施例6中,听力装置的正向通路和/或分析通路的信号拆分为 $NI$ 个频带,其中 $NI$ 例如大于5,如大于10,如大于50,如大于100,如大于500,至少其部分个别进行处理。在实施例7中,听力装置适于在 $NP$ 个不同频道处理正向和/或分析通路的信号( $NP \leq NI$ )。频道可以宽度一致或不

一致(如宽度随频率增加)、重叠或不重叠。

[0042] 在实施例中,听力装置包括电平检测器(LD),用于确定输入信号的电平(例如基于频带级和/或全(宽带)信号)。从用户声环境拾取的电传声器信号的输入电平是声环境的分类参数。在实施例中,电平检测器适于根据多个不同的(如平均)信号电平对用户当前的声环境进行分类,如分类为高电平或低电平环境。

[0043] 在特定实施例中,听力装置包括话音检测器(VD),用于确定输入信号(在反馈减少单元中的特定时间点)是否包括话音信号。在本说明书中,话音信号包括来自人类的语音信号。其还可包括由人类语音系统产生的其它形式的发声(如唱歌)。在实施例中,话音检测器单元适于将用户当前的声环境分类为“话音”或“无话音”环境。这具有下述优点:包括用户环境中的人发声(如语音)的电传声器信号的时间段可被识别,因而与仅包括其它声源(如人工产生的噪声)的时间段分离。在实施例中,话音检测器适于将用户自己的话音也检测为“话音”。作为备选,话音检测器适于从“话音”的检测排除用户自己的话音。

[0044] 在实施例中,听力装置包括自我话音检测器,用于检测特定输入声音(如话音)是否源自系统用户的话音。在实施例中,听力装置的传声器系统适于能够在用户自己的话音及另一人的话音之间进行区分及可能与无话音声音区分。

[0045] 在实施例中,听力装置(除反馈减少单元之外还)包括声(和/或机械)反馈抑制系统。

[0046] 在实施例中,听力装置还包括用于所涉及应用的其它适宜功能,如压缩、降噪等。

[0047] 在实施例中,听力装置包括听音装置如助听器、听力仪器例如适于位于用户耳朵处或者完全或部分位于耳道中的听力仪器,例如头戴式耳机、耳麦、耳朵保护装置或其组合。

#### [0048] 用途

[0049] 此外,本发明提供上面描述的、“具体实施方式”中详细描述的和权利要求中限定的听力装置的用途。在实施例中,提供在包括音频分布的系统中的用途,例如包括彼此足够接近的传声器和扬声器的系统,其在用户操作期间导致从扬声器到传声器的反馈。在实施例中,提供在包括一个或多个听力仪器、头戴式耳机、耳麦、有源耳朵保护系统等系统中的用途,例如免提电话系统、远程会议系统、广播系统、卡拉OK系统、教室放大系统等。

#### [0050] 方法

[0051] 一方面,本申请提供听力装置的运行方法,听力装置包括用于将合成正向增益应用于电输入信号并提供合成信号的正向通路。该方法包括:

[0052] -提供表示声音的电输入信号;

[0053] -将请求的正向增益应用于电输入信号或源自其的信号并提供处理后的信号;

[0054] -提供合成信号以转换为输出声音。

[0055] 该方法还包括:

[0056] -通过按时间调制所请求的正向增益使得合成正向增益在第一时间段 $T_H$ 展现第一增大的增益 $A_H$ 及在第二时间段 $T_L$ 展现第二减小的增益 $A_L$ 而降低因将输出声音泄漏到输入声音的外部反馈通路的声或机械反馈引起啸声的风险;及

[0057] -使得第一增益 $A_H$ 、第二增益 $A_L$ 、第一时间段 $T_H$ 和第二时间段 $T_L$ 中的至少一个根据预定或自适应确定的判据进行确定。

[0058] 当由对应的过程适当代替时,上面描述的、“具体实施方式”中详细描述的和权利要求中限定的装置的部分或所有结构特征可与本发明方法的实施结合,反之亦然。方法的实施具有与对应装置一样的优点。

[0059] 在实施例中,该方法包括:

[0060] -使得第一和/或第二时间段大于或等于环路时延。

[0061] 在实施例中,该方法包括:

[0062] -使得第一和第二时间段及第一和第二增益配置成相较于所请求正向增益的调制之前的信号节约合成信号中的能量。

[0063] 在实施例中,该方法包括使得第一增大的增益 $A_H$ 、第一时间段 $T_H$ 、第二减小的增益 $A_L$ 和第二时间段 $T_L$ 中的至少一个(如至少两个,或全部)使用人类听觉感知的模型进行选择以使得用户不太听得见甚至听不见所请求正向增益的调制。在实施例中,人类听觉感知的模型包括心理声学模型。在实施例中,第一增大的增益 $A_H$ 、第一时间段 $T_H$ 、第二减小的增益 $A_L$ 和第二时间段 $T_L$ 中的至少一个基于用户的听力损失、听觉带宽、频谱/时间掩蔽效应和/或调制灵敏度中的一个或多个的知识进行选择,以使用户不太听得见甚至听不见声音处理。

[0064] 计算机可读介质

[0065] 本发明进一步提供保存包括程序代码的计算机程序的有形计算机可读介质,当计算机程序在数据处理系统上运行时,使得数据处理系统执行上面描述的、“具体实施方式”中详细描述的和权利要求中限定的方法的至少部分(如大部分或所有)步骤。

[0066] 作为例子但非限制,前述有形计算机可读介质可包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光盘存储器、磁盘存储器或其他磁性存储装置,或者可用于执行或保存指令或数据结构形式的所需程序代码并可由计算机访问的任何其他介质。如在此使用的,盘包括压缩磁盘(CD)、激光盘、光盘、数字多用途盘(DVD)、软盘及蓝光盘,其中这些盘通常磁性地复制数据,同时这些盘可用激光光学地复制数据。上述盘的组合也应包括在计算机可读介质的范围内。除保存在有形介质上之外,计算机程序也可经传输介质如有线或无线链路或网络如因特网进行传输并载入数据处理系统从而在不同于有形介质的位置处运行。所提出的方法可在RAM、ROM、EEPROM或听力装置的其它计算机可读介质中实施/保存。

[0067] 数据处理系统

[0068] 本发明进一步提供数据处理系统,包括处理器和程序代码,程序代码使得处理器执行上面描述的、“具体实施方式”中详细描述的和权利要求中限定的方法的至少部分(如大部分或所有)步骤。

[0069] 听力系统

[0070] 另一方面,本发明提供包括上面描述的、“具体实施方式”中详细描述的和权利要求中限定的听力装置及包括辅助装置的听力系统。

[0071] 在实施例中,该听力系统适于在听力装置和辅助装置之间建立通信链路以使信息(如控制和状态信号,可能音频信号)能在其间进行交换或从一装置转发给另一装置。

[0072] 在实施例中,辅助装置是或包括音频网关设备,其适于(如从娱乐装置例如TV或音乐播放器,从电话装置例如移动电话,或从计算机例如PC)接收多个音频信号,及适于选择和/或组合所接收音频信号(或信号组合)中的适当信号以传给听力装置。在实施例中,辅助装置是或包括遥控器,用于控制听力装置的功能和运行(例如用于进入或退出根据本发明

的特定反馈抵消运行模式)。在实施例中,遥控器的功能实施在智能电话中,该智能电话可能运行使能经智能电话控制音频处理装置的功能的APP(听力装置包括适当的到智能电话的无线接口,例如基于蓝牙或一些其它标准化或专有方案)。在实施例中,辅助装置是或包括移动电话如智能电话。在实施例中,辅助装置是或包括无线传声器如伙伴传声器,用于将通信伙伴的话音传给听力装置用户。在实施例中,辅助装置是或包括传输装置,用于将电视机或另一娱乐装置的声音传给听力装置(或直接或经中间装置如音频网关设备)。

[0073] 在实施例中,辅助装置为另一听力装置。在实施例中,听力系统包括适于实施双耳听力系统如双耳助听器系统的两个听力装置。

[0074] 定义

[0075] 在本说明书中,“听力装置”指适于改善、增强和/或保护用户的听觉能力的装置如听力仪器或有源耳朵保护装置或其它音频处理装置,其通过从用户环境接收声信号、产生对应的音频信号、可能修改该音频信号、及将可能已修改的音频信号作为可听见的信号提供给用户的至少一只耳朵而实现。“听力装置”还指适于以电子方式接收音频信号、可能修改该音频信号、及将可能已修改的音频信号作为听得见的信号提供给用户的至少一只耳朵的装置如头戴式耳机或耳麦。听得见的信号例如可以下述形式提供:辐射到用户外耳内的声信号、作为机械振动通过用户头部的骨结构和/或通过中耳的部分传到用户内耳的声信号、及直接或间接传到用户耳蜗神经的电信号。

[0076] 听力装置可构造成以任何已知的方式进行佩戴,如作为佩戴在耳后的单元(具有将辐射的声信号导入耳道内的管或者具有安排成靠近耳道或位于耳道中的扬声器)、作为整个或部分安排在耳廓和/或耳道中的单元、作为连到植入在颅骨内的固定结构的单元、或作为整个或部分植入的单元等。听力装置可包括单一单元或几个彼此电子通信的单元。

[0077] 更一般地,听力装置包括用于从用户环境接收声信号并提供对应的输入音频信号的输入变换器和/或以电子方式(即有线或无线)接收输入音频信号的接收器、用于处理输入音频信号的(通常可配置的)信号处理电路、及用于根据处理后的音频信号将听得见的信号提供给用户的输出装置。在一些听力装置中,放大器可构成信号处理电路。信号处理电路通常包括一个或多个(集成或单独的)存储元件,用于执行程序 and/或用于保存在处理中使用(或可能使用)的参数和/或用于保存适合听力装置功能的信息和/或用于保存例如结合到用户的接口和/或到编程装置的接口使用的信息(如处理后的信息,例如由信号处理电路提供)。在一些听力装置中,输出装置可包括输出变换器,例如用于提供空传声信号的扬声器或用于提供结构或液体传播的声信号的振动器。在一些听力装置中,输出装置可包括一个或多个用于提供电信号的输出电极。

[0078] 在一些听力装置中,振动器可适于经皮或由皮将结构传播的声信号传给颅骨。在一些听力装置中,振动器可植入在中耳和/或内耳中。在一些听力装置中,振动器可适于将结构传播的声信号提供给中耳骨和/或耳蜗。在一些听力装置中,振动器可适于例如通过卵圆窗将液体传播的声信号提供到耳蜗液体。在一些听力装置中,输出电极可植入在耳蜗中或植入在颅骨内侧上,并可适于将电信号提供给耳蜗的毛细胞、一个或多个听觉神经、听觉皮层和/或大脑皮层的其它部分。

[0079] “听力系统”指包括一个或两个听力装置的系统。“双耳听力系统”指包括两个听力装置并适于协同地向用户的两只耳朵提供听得见的信号的系统。听力系统或双耳听力系统

还可包括一个或多个“辅助装置”，其与听力装置通信并影响和/或受益于听力装置的功能。辅助装置例如可以是遥控器、音频网关设备、移动电话(如智能电话)、广播系统、汽车音频系统或音乐播放器。听力装置、听力系统或双耳听力系统例如可用于补偿听力受损人员的听觉能力损失、增强或保护正常听力人员的听觉能力和/或将电子音频信号传给人。

## 附图说明

[0080] 本发明的各个方面将从下面结合附图进行的详细描述得以最佳地理解。为清晰起见，这些附图均为示意性及简化的图，它们只给出了对于理解本发明所必要的细节，而省略其他细节。在整个说明书中，同样的附图标记用于同样或对应的部分。每一方面的各个特征可与其他方面的任何或所有特征组合。这些及其他方面、特征和/或技术效果将从下面的图示明显看出并结合其阐明，其中：

[0081] 图1A-1D示出了包括反馈减少系统的听力装置的实施例。图1A和1B示出了现有技术配置，其中建立电反馈补偿通路以从输入信号减去外部反馈通路的估计量。图1C示出了根据本发明的实施例，其在正向通路中包括反馈减少单元。图1D示出了根据本发明的实施例，其包括正向通路中的反馈减少单元及包括基于自适应滤波器的传统反馈抵消系统。

[0082] 图2A-2B示出了根据本发明的听力装置的实施例的将应用于正向通路信号的、重复的随时间而变的增益图的两个例子。图2A示出了矩形脉冲形状的图，图2B示出了柔和平滑的脉冲图，及图2C示出了矩形脉冲图，其中第一和第二时间段 $T_H$ 和 $T_L$ 不同。

[0083] 图3A示出了按时频表示的重复增益图，其中最低的八个频带应用单位增益。图3B示出了具有频带指数 $i-1, i, i+1$ 的三个相邻频带的重复增益图的参数(特有增益及时间段)，其中 $8 < i < 65$ 。

[0084] 图4A-4C示出了根据本发明的听力装置三个示例性实施例，所有这些实施例均包括主要在时频域工作的正向通路。图4A和图4B示出了包括输入和输出变换器、分析和合成滤波器组及其间的一个或多个增益调节模块的实施例。图4C示出了结合传统反馈抵消系统和本发明中描述的反馈减少单元的实施例。

[0085] 图5A示出了听力装置的正向通路和反馈通路及包括正向和反馈通路的传播时延的和的对应环路时延。图5B示出了根据本发明的听力装置的实施例，其包括环路时延估计单元和用户接口。

[0086] 图6示出了包括多个(N个)时间段 $T_1, T_2, T_3, \dots, T_N$ 的(重复的)增益图 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_N$ (对于频带 $i, FB_i$ )。

[0087] 通过下面给出的详细描述，本发明进一步的适用范围将显而易见。然而，应当理解，在详细描述和具体例子表明本发明优选实施例的同时，它们仅为说明目的给出。对于本领域技术人员来说，基于下面的详细描述，本发明的其它实施方式将显而易见。

## 具体实施方式

[0088] 下面结合附图提出的具体描述用作多种不同配置的描述。具体描述包括用于提供多个不同概念的彻底理解的具体细节。然而，对本领域技术人员显而易见的是，这些概念可在没有这些具体细节的情形下实施。装置和方法的几个方面通过多个不同的块、功能单元、模块、元件、电路、步骤、处理、算法等(统称为“元素”)进行描述。根据特定应用、设计限制或

其他原因,这些元素可使用电子硬件、计算机程序或其任何组合实施。

[0089] 电子硬件可包括微处理器、微控制器、数字信号处理器(DSP)、现场可编程门阵列(FPGA)、可编程逻辑器件(PLD)、选通逻辑、分立硬件电路、及配置成执行本说明书中描述的多个不同功能的其它适当硬件。计算机程序应广义地解释为指令、指令集、代码、代码段、程序代码、程序、子程序、软件模块、应用、软件应用、软件包、例程、子例程、对象、可执行、执行线程、程序、函数等,无论是称为软件、固件、中间件、微码、硬件描述语言还是其他名称。

[0090] 图1A-1D示出了包括反馈减少系统的听力装置的实施例。

[0091] 图1A和1B示出了现有技术配置,其中建立电反馈补偿通路以从输入信号减去外部反馈通路的估计量。图1A和1B示意性地示出了现有技术听力装置HD的示例性基本功能,包括从输入变换器IT到输出变换器OT的正向或信号通路。在图1A和1B的实施例中,输入变换器IT包括用于将输入声音(图1中的“声输入”)转换为模拟电输入信号的传声器;及包括模数转换器AD,以按预定采样速率如20kHz使来自传声器的模拟电输入信号数字化并将数字化的电输入信号提供给正向通路。在图1A和1B的实施例中,输出变换器OT包括将数字信号转换为模拟电输出信号的数模转换器DA及将模拟电输出信号作为输出声音(“声输出”)呈现给用户的扬声器。正向通路包括信号处理单元SPU,用于将随电平和/或频率而变的增益施加到来自输入变换器的信号(或源自其的信号)并将增强的信号提供给输出变换器。指明了从听力装置的输出到输入变换器的“外部”或“声”反馈通路FBP。该外部反馈通路将来自输出变换器的输出声音(声输出)的一部分泄漏到输入变换器(如从输出变换器到输入变换器的粗箭头所示)。在输入变换器IT处出现的输入声音(声输入)包括该泄漏的“反馈信号”与来自环境的任何声音的结合(如声反馈通路下面的粗箭头所示)。听力装置HD还包括抗反馈系统,其包括用于估计从输出变换器到输入变换器的声反馈通路FBP并提供表示其的信号fbp的反馈估计单元FBE。该抗反馈系统还包括求和(求减)单元“+”,用于从(数字化)电输入信号减去表示当前声反馈通路的信号fbp并提供反馈校正的信号(误差信号err),其馈给信号处理单元SPU及反馈估计单元FBE。听力装置HD还包括用于向听力装置的功能模块及可能其它功能模块提供电流的电池(未示出)。听力装置的处理可完全或部分在时域进行。

[0092] 图1B示出了如图1A中所示的听力装置HD的实施例,但反馈估计单元FBE包括自适应滤波器,其通过估计算法(“算法”)如LMS(最小均方)算法控制以预测和抵消输入变换器(在此为传声器)的信号由反馈引起的部分。图1B中的自适应滤波器包括可变滤波器部分(滤波器)和自适应估计算法部分(算法)。反馈估计单元(自适应滤波器,算法、滤波器)(在此)目标在于提供从输出变换器OT到输入变换器IT的“外部”反馈通路的良好估计。(该算法单元的)估计算法使用参考信号ref和源自传声器信号的正向通路信号(在此为来自组合单元“+”的反馈校正的信号err)来找到在参考信号ref施加到自适应滤波器(滤波器部分的输入)时使估计误差最小化的自适应滤波器(当应用于滤波器时)设置(滤波器系数)。在图1B的实施例中,自适应滤波器的算法部分中的滤波器系数的计算基于信号err和ref在时域进行并传给可变滤波器部分(滤波器)。可变滤波器部分配置成对时域信号ref进行滤波并在时域提供声反馈通路估计信号fbp。作为备选,更新和可变滤波器部分(算法、滤波器)可在频域和/或子频带域工作。

[0093] 为在输出和输入信号之间提供改善的去相关,希望向输出信号添加试探信号。该试探信号可用作给自适应滤波器的算法部分的参考信号,和/或其可与助听器的一般输出

混合以形成参考信号。作为备选, (小的) 频移或相移可引入到正向通路的信号中。

[0094] 图1C示出了根据本发明的听力装置HD的实施例, 在听力装置的正向通路中包括反馈减少单元FBRU。图1C中所示听力装置HD实施例的正向通路包括与结合图1A和1B所示和所述一样的功能单元, 但代替抗反馈系统(或者除其之外), 图1C的听力装置在正向通路中包括反馈减少单元FBRU。反馈减少单元FBRU在图1C的实施例中位于信号处理单元SPU和输出变换器OT之间。反馈减少单元FBRU也可位于正向通路中的别处, 例如在输入变换器IT和信号处理单元SPU之间, 或者其可形成信号处理单元SPU的一部分。输入变换器IT提供表示声输入的数字化电输入信号IN。该信号馈给信号处理单元SPU, 从而提供增强信号ENHS(在将请求的(如随频率和/或电平而变的)增益施加到电输入信号IN之后)。增强信号ENHS馈给反馈减少单元FBRU从而提供合成信号RES, 其馈给输出变换器OT以转换为声输出。反馈减少单元FBRU配置成按时间调制所请求的正向增益。优选地, 施加到信号处理单元SPU的所请求的正向增益调制成使得合成正向增益在第一时间段 $T_H$ 展现第一增大的增益 $A_H$ 及在第二时间段 $T_L$ 展现第二减小的增益 $A_L$ (例如参见图2、3), 其中第一和第二时间段 $T_H, T_L$ 根据往返环路时延 $T_{loop}$ 确定(参见图5A)。在实施例中, 信号处理单元SPU和反馈减少单元FBRU集成在一起使得合成(修改后的)增益可在单一操作中施加到电输入信号(例如参见图4A), 例如在多个频带的每一频带中。

[0095] 图1D示出了根据本发明的听力装置HD的实施例, 其包括如图1C中所示的听力装置的正向通路中的反馈减少单元FBRU及包括抗反馈系统, 该抗反馈系统包括如图1A和1B中所示的用于估计从输出变换器到输入变换器的声反馈通路FBP的反馈估计单元FBE及求减单元“+”。自适应滤波器(算法及滤波器单元)的(参考)输入信号RES优选在反馈减少单元FBRU之后取得(如FBRU的输出)。反馈减少单元FBRU优选(及如图1D中所示)位于信号处理单元SPU之后, 但其原理上可位于正向通路中的信号err和RES之间的任何地方(例如在SPU单元之前或与SPU单元一体)。在该情形下, 信号处理单元SPU中进行的处理应适当调整。

[0096] 信号处理单元SPU例如适于针对用户的受损听力调节电输入信号(图1A-1D中描述的听力装置因而可构成或包括助听器)。

[0097] 图2A-2C示出了根据本发明的听力装置的实施例的将应用于正向通路信号(参见图1C、1D、4B、4C、5B的反馈减少单元FBRU)的、重复的随时间而变的增益图的三个例子。

[0098] 根据本发明的反馈减少方案的防止啸声的基本概念是通过随时间改变正向通路增益而断开反馈环路。

[0099] 图2A示意性地示出了用于该目的的示例性矩形脉冲图。本发明提出的增益修改相对于“所请求增益”(即要不然将应用于电输入信号以向用户呈现增强信号从而例如补偿听力受损的增益)指明。在没有本发明引入的增益修改情形下, 其对应于为1的单位增益(细实线)。图2A中所示的简单的增益修改(粗实线)由持续时间为 $T_H$ 和 $T_L$ 的重复的高增益 $A_H$ 和低增益 $A_L$ 时间段组成。在实施例中,  $A_H$ 约为1.4, 及 $A_L$ 约为0。

[0100]  $T_H$ 和 $T_L$ 的持续时间与声反馈系统中的环路时延处于类似的量级(如大约等于该环路时延)。 $T_H$ 和 $T_L$ 可进行调节以获得不同的性能。在实施例中, 两个时间段均接近环路时延 $T_{loop}$ 。作为例子, 当环路时延 $T_{loop}=10\text{ms}$ 时,  $T_L$ 的持续时间可选择为 $T_L=5\text{ms}, 9\text{ms}, 10\text{ms}, 11\text{ms}, \dots$ 或 $30\text{ms}$ 等, 及 $T_H$ 的持续时间可选择为 $T_H=30\text{ms}, 11\text{ms}, 10\text{ms}, 9\text{ms}, \dots 5\text{ms}$ 等。因此, 对于绕环路传播的反馈信号, 每次施加 $A_H$ 或者 $A_L$ 。所得随时间的增益函数将为 $A_H * A_L * A_H * A_L \dots$ , 取

决于所选的T值。在 $A_L=0$ 的情形下,去除反馈信号,这防止出现啸声。

[0101]  $A_L$ 的值可调节,但为了最大性能,其应接近0。如果符合需要, $A_H$ 的值应根据 $A_L$ 进行调节,使得总信号能量不因所应用的增益图改变(假定信号在的时间段 $T_H+T_L$ 固定不变)。这可通过计算下式实现:

$$[0102] \quad A_H = \sqrt{\frac{T_L + T_H}{T_H} - A_L^2 \frac{T_L}{T_H}}$$

[0103] 图2A中所示的宽带增益图例子说明了本发明的原理,但其可能引起声音质量降级。在实践中,为避免前述降级或者使其最小化,可使用更先进的随时间和频率变化的增益图(如图3中所示的增益图)。

[0104] 应注意,两个幅值 $A_H$ 和 $A_L$ 之间的过渡(如图2A中所示)不必然立即发生,而是也可以是从 $A_H$ 到 $A_L$ 的平滑过渡,反之亦然。这在图2B中例示。增益从其低值 $A_L$ 到高值 $A_H$ 柔和地变化(代替图2A中的急剧变化)。图2A的急剧增益调制图在图2B中用虚线指明。在图2B中,各个增益(在此为增大的增益 $A_H$ 和减小的增益 $A_L$ )在相应的第一和第二时间段 $T_H$ 和 $T_L$ 期间可变。在图2B的例子中,增大的增益 $A_H$ 从最小值 $A_{H0}$ 朝向最大值 $A_{H1}$ 单调递增(在此在第一时间段 $T_H$ 的前半段)然后朝向最小值单调递减(在此在第一时间段 $T_H$ 的第二半段期间)。对应地,减小的增益 $A_L$ 从最大值 $A_{L1}$ 朝向最小值 $A_{L0}$ 单调递减(在此在第二时间段 $T_L$ 的前半段)然后朝向最大值单调递增(在此在第二时间段 $T_L$ 的第二半段期间)。优选地,如图2B的例子中所示,减小的增益 $A_L$ 的最大值 $A_{L1}$ (实质上)等于增大的增益 $A_H$ 的最小值 $A_{H0}$ 。

[0105] 第一和第二时间段 $T_H$ 和 $T_L$ 在图2A和2B中分别被指明相等( $T_H=T_L$ )。然而,并不必须如此,如图2C中所示,第二时间段 $T_L$ 大于第一时间段 $T_H$ 。图2C的增益图示为矩形图,但也可采用任何其它适当的形状,例如包括从低增益 $A_L$ 到高增益 $A_H$ 和/或从高增益 $A_H$ 到低增益 $A_L$ 的平滑过渡。

[0106] 在实施例中,第一和第二时间段(分别为 $T_H$ 和 $T_L$ )根据往返环路时延进行确定(例如参见图5A)。优选地,第一和第二时间段(分别为 $T_H$ 和 $T_L$ )及第一和第二增益(分别为 $A_H$ 和 $A_L$ )配置成相较于在正向增益调制之前的信号在合成信号中节约能量。

[0107] 在具有子频带的系统中(参见图3),该算法可以不同的(第一和第二增益) $A_{H\_subband\_i}$ 和 $A_{L\_subband\_i}$ 、不同的(第一和第二时间段) $T_{H\_subband\_i}$ 和 $T_{L\_subband\_i}$ 及 $T_{d\_subband\_i}$ 暗含的初始时移在每一子频带中分开地应用,如图3B中所示(对于第 $i$ 个频带 $FB_i$ ,分别为 $A_H(FB_i)$ , $A_L(FB_i)$ , $T_H(FB_i)$ , $T_L(FB_i)$ 和 $T_d(FB_i)$ )。同样,该算法不必须在所有时间和/或在所有子频带均启用,而是可在一些子频带禁用,同时在一些其它子频带在线单独启用/禁用,例如基于反馈检测器的输出(例如指明给定频带中当前出现反馈的概率)。在实施例中,该算法在特定反馈减少模式下启用。在实施例中,该算法在听力装置的其它运行模式下禁用。

[0108] 图3A示出了按时频表示的重复增益图,其中最低的八个频带应用单位增益。图3B示出了具有频带指数 $i-1, i, i+1$ 的三个相邻频带的重复增益图的参数(特有增益及时间段),其中 $8 < i < 65$ 。

[0109] 图3A示出了根据本发明的增益调制的示例性时频表示。水平轴表示时间(子频带时间指数 $k$ ),包括时间指数0和约24之间的时间范围,单一时间单位表示1ms。纵轴表示频率(子频带频率指数 $m$ ),包括频率指数0和约63之间的频率范围。

[0110] 根据图3A的方案,在每一时频单元中应用特定增益,在最低的频带(低于第一阈频

$f_{\text{THL}}$ ) 如频带  $\text{FB}_i$  应用单位增益 (用灰色阴影指明), 其中  $i < 9$ , 以保留良好的声音质量。在实施例中, 第一阈频  $f_{\text{THL}} \leq 2\text{kHz}$ , 如  $\leq 2\text{kHz}$ 。

[0111] 用白颜色显示的时频单元指明幅值 (增益)  $A_L = 0$ , 而用黑颜色显示的时频单元指明增益  $A_H$ 。图3A中的图案假定随时间重复。

[0112] 图3A的增益图的优点在于 (与图2的增益图应用于时域信号相反) 在任何给定时间点包含表示目标信号的增强信号成分。图3A的增益图确保目标信号总是至少在部分频带中出现 (例如在至少一半频带中)。

[0113] 时间步长的持续时间例如可以是  $5\text{ms}$ 、 $10\text{ms}$ 、 $20\text{ms}$  等, 取决于环路时延  $T_{\text{loop}}$ 。频带可跨整个频谱均匀分布, 如图3A中所示, 或者其可非均匀地划分。带宽例如可以是  $50\text{Hz}$ 、 $100\text{Hz}$ 、 $500\text{Hz}$ 、 $1000\text{Hz}$ 、 $2000\text{Hz}$  和  $5000\text{Hz}$  等。

[0114] 图3B示意性地示出了分别具有频率指数  $i-1$ 、 $i$  和  $i+1$  的三个相邻频带  $\text{FB}_x$  的特有第一和第二时间段  $T_H$  和  $T_L$  及与之相关联的对应的第一和第二增益  $A_H$  和  $A_L$ 。这些参数  $A_H(\text{FB}_x)$ ,  $T_H(\text{FB}_x)$ ,  $A_L(\text{FB}_x)$ ,  $T_L(\text{FB}_x)$  和  $T_d(\text{FB}_x)$ ,  $x = i-1, i, i+1$  中的每一个可个别确定。在实施例中, 对于至少部分频带, 第一增益  $A_H(\text{FB}_x)$  相等。在实施例中, 对于至少部分频带, 第二增益  $A_L(\text{FB}_x)$  相等。在实施例中, 对于至少部分频带, 第一时间段  $T_H(\text{FB}_x)$  相等。在实施例中, 对于至少部分频带, 第二时间段  $T_L(\text{FB}_x)$  相等。在实施例中, 对于至少部分频带, 时延参数  $T_d(\text{FB}_x)$  相等。在实施例中, 至少部分频带  $\text{FB}_x$  的增益图通过参数  $A_H(\text{FB}_x)$ ,  $T_H(\text{FB}_x)$ ,  $A_L(\text{FB}_x)$ ,  $T_L(\text{FB}_x)$  和  $T_d(\text{FB}_x)$  定义。在实施例中, 至少部分频带  $\text{FB}_x$  的增益图中的每一个包括第一时间段  $T_H(\text{FB}_x)$  中的第一增益  $A_H(\text{FB}_x)$  和第二时间段  $T_L(\text{FB}_x)$  中的第二增益  $A_L(\text{FB}_x)$  的重复交替出现。在实施例中, 对于除各个增益图的起始时间之外的至少部分频带  $\text{FB}_x$ , 至少部分频带  $\text{FB}_x$  的增益图相等。在实施例中, 至少部分频带  $\text{FB}_x$  的增益图的起始时间 (例如通过具有低增益  $A_L$  的时间段开始确定) 相对于彼此偏移。在实施例中, 至少部分频带  $\text{FB}_x$  的增益图的起始时间相对于彼此偏移使得相邻频带  $\text{FB}_{i-1}$ ,  $\text{FB}_i$  的增益图相对于彼此偏移  $T_d(\text{FB}_i)$  (或者  $T_d$ , 如果独立于频带) (例如, 在图3B中的例子中, 频带  $\text{FB}_i$  的增益图相对于频带  $\text{FB}_{i-1}$  的增益图偏移  $-T_d(\text{FB}_i)$ )。图3中的频带  $\text{FB}_x$  的增益图的重复时间  $T_{\text{rep}}$  定义为所涉及频带的第一和第二时间段  $T_H$  及  $T_L$  的和。这在图3B中针对频带  $\text{FB}_{i-1}$  指明:  $T_{\text{rep}}(\text{FB}_{i-1}) = T_H(\text{FB}_{i-1}) + T_L(\text{FB}_{i-1})$ 。

[0115] 使用图2中的不随频率而变的增益图, 输出信号将为开和关, 而图3A中的随频率而变的图使输出信号能连续, 至少对于具有多个频率成分如语音和大多数音乐信号的信号如此。

[0116] 作为例子, 当环路时延  $T_{\text{loop}}$  等于  $10\text{ms}$  时,  $T_L(\text{FB}_i)$  的持续时间可选择为  $T_L(\text{FB}_i) = (9\text{ms}), 10\text{ms}, 11\text{ms}, \dots$ , 或  $20\text{ms}$  等,  $T_H(\text{FB}_i)$  的持续时间可选择为  $T_H(\text{FB}_i) = (11\text{ms}), 10\text{ms}, 9\text{ms}, \dots, 5\text{ms}$  等, 相邻频带的增益图之间的时移持续时间  $T_d(\text{FB}_i) \leq T_{\text{rep}}(\text{FB}_i) = T_H(\text{FB}_i) + T_L(\text{FB}_i)$  可以是  $T_d(\text{FB}_i) = 0.01\text{ms}, 0.05\text{ms}, 0.1\text{ms}, 0.2\text{ms}, 0.5\text{ms}, 1\text{ms}$  等。

[0117] 图4A-4C示出了根据本发明的听力装置HD的三个示例性实施例, 所有这些实施例均包括主要在时频域工作的正向通路。图4A、4B和4C示出了相应的实施例, 每一实施例包括输入和输出变换器、分析和合成滤波器组及其间的一个或多个增益调节模块。

[0118] 听力装置HD如助听器的所有三个实施例均包括正向通路, 其包含用于将输入声音 (声输入) 转换为表示声音的电输入信号  $\text{IN}$  的输入变换器  $\text{IT}$ 、用于将处理后的电输出信号  $\text{RES}$  转换为输出声音 (声输出) 的输出变换器  $\text{OT}$ 、及在工作时连接到输入和输出变换器并配

置成将请求的正向增益施加到电输入信号或源自其的信号的处理单元(图4B、4C中的SPU)。该正向通路配置成将合成正向增益施加到电输入信号并提供合成信号RES。听力装置HD还包括反馈减少单元(图4B、4C中的FBRU),用于降低因从输出变换器OT到输入变换器IT的外部反馈通路FBP的声或机械反馈引起啸声的风险。正向通路和外部反馈通路一起形成展现往返环路时延 $T_{loop}$ 的环形通路。反馈减少单元(图4B、4C中的FBRU)配置成按时间调制所请求的正向增益,使得合成正向增益在第一时间段 $T_H$ 展现第一增益 $A_H$ 及在第二时间段 $T_L$ 展现第二增益 $A_L$ ,其中至少第二时间段 $T_L$ 根据往返环路时延 $T_{loop}$ 确定。优选地,第一(增大的)增益 $A_H$ 大于1,第二(减小的)增益 $A_L$ 小于1。优选地,增益调制(包括第一和第二时间段 $T_H$ ,  $T_L$ 及第一和第二增益 $A_H$ ,  $A_L$ )适于相较于调制之前的信号节约合成信号中的能量。

[0119] 图4A示意性地示出了反馈减少单元(图4B、4C中的FBRU)的基本功能的实施,在图4A中由记为“监测信号并进行增益调节”的模块及相应的组合单元(在此为每一频带中的相乘单元“x”)表示。确定增益调制(例如预先确定或动态确定,例如基于当前输入信号的分析 and/或基于当前环境的一个或多个检测器如反馈检测器)并在每一频带中施加,例如通过与正向通路的相应频带特有信号相乘,例如参见图3及其描述。正向通路可包括一个或多个处理单元(例如参见图4B、4C),用于将随频率和电平而变的增益施加到电输入信号或源自其的信号以提供增强信号(例如从而补偿用户的听力受损、有噪声环境等)。

[0120] 图4B示出了包括正向通路的听力装置HD,该正向通路包含提供时域电输入信号IT的输入变换器IT、及按多个频带(如4或8或64)将电输入信号IN提供为频带拆分电输入信号IN-F的分析滤波器组FBA。该正向通路还包括信号处理单元SPU,其在工作时连接到分析滤波器组FBA并配置成将所请求的正向增益施加到频带拆分的电输入信号IN-F及提供增强的频带拆分信号ENHS-F。该正向通路还包括反馈减少单元FBRU,用于将增益调制应用于增强的频带拆分信号ENHS-F并提供合成频带拆分信号RES-F,产生反馈的风险降低(即降低因从输出到输入变换器的声或机械反馈产生啸声的风险)。该正向通路还包括合成滤波器组FBS,用于从增强的频带拆分信号ENHS-F产生合成时域信号RES。该合成滤波器组FBS在工作时连接到输出变换器OT(如扬声器或振动器),其用于将合成时域信号RES转换为声或振动刺激以呈现给听力装置的用户。

[0121] 图4C示出了听力装置的实施例,除如图4B中所示之外,还包括传统反馈抵消系统(包括电反馈环路,其包含1)反馈估计单元FBE和2)位于正向通路中与本发明中描述的反馈减少单元FBRU结合的组合单元“+”)。反馈估计单元FBE提供反馈估计信号fbp,其在组合单元“+”中从电输入信号IN减去,所得反馈校正的输入(参考)信号ref馈给信号处理单元SPU和反馈估计单元FBE。图4C的实施例类似于图1D的实施例(其可在时域工作),但在图4C的实施例中,正向通路的一部分(包括信号处理单元SPU和反馈减少单元FBRU)在(时-)频域工作。在图4C的实施例中,反馈抵消系统(包括反馈估计单元FBE和组合单元“+”)在时域工作。作为备选,其可完全或部分在(时-)频域工作。

[0122] 图5A示出了听力装置HD的正向通路和反馈通路及包括正向和反馈通路的传播时延的和对的对应环路时延。该环路时延可随时间相对恒定不变(及例如在听力装置运行之前确定)或者在不同时间点不同,例如取决于信号处理单元中当前应用的算法。

[0123] 图5B示出了根据本发明的听力装置HD的实施例,其包括环路时延估计单元和用户接口。图5B示出了根据本发明的听力装置HD的实施例,除图4B中所示之外,还包括用于估计

当前环路时延或与典型环路时延的偏差的控制单元CONT。该听力装置HD还包括存储单元MEM,其中保存有听力装置的不同运行模式的典型环路时延(信号LDx)。在实施例中,控制单元配置成测量包括正向通路时延和反馈通路时延的和的环路时延。在实施例中,预定测试信号由控制单元CONT例如经去往/来自信号处理单元SPU的信号SPCT插入在正向通路中,当其在环路的单次传播(或已知次数的传播)之后到达正向通路时,通过识别测试信号测量(或估计)其往返行程时间。在实施例中,典型的环路时延为ms级,例如约10ms。该听力装置HD还包括使用户能经控制信号UIC控制听力装置的功能如运行模式(例如进入和退出特定反馈抵消运行模式)的用户接口UI。同样,该用户接口(和听力装置)可配置成将当前环路时延呈现给用户(如控制单元CONT所选或估计的)。

[0124] 在上面的例子中,两个(重复)时间段( $T_1 = T_H, T_2 = T_L$ )已用于说明本发明的概念。总的来说,可使用两个以上的时间段,即 $T_1, T_2, T_3, \dots, A_1, A_2, A_3, \dots$ 。在图2A、2B、2C、3A中所示的实施例中,利用 $A_L * A_H = (\sim =) 0$ 来防止反馈,但原理上可使用 $A_1 * A_2 * A_3 * \dots * A_N = (\sim =) 0$ 来防止反馈,其中N为时间段的数量(上面所述的例子对应于 $N = 2$ )。N=3的有效选择例子将通过把 $T_L$ 分为 $T_1$ 和 $T_2$ 及使 $T_3 = T_H$ 出现。

[0125] 图6示出了具有N个时间段的想法,(给定频带 $FB_i$ 的)每一时间段 $T_1(FB_i), T_2(FB_i), T_3(FB_i), \dots, T_N(FB_i)$ 具有对应的增益值 $A_1(FB_i), A_2(FB_i), A_3(FB_i), \dots, A_N(FB_i)$ 。图6示出了增益图 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_N$ (对于频带 $i, FB_i$ )的重复出现,其中重复时间 $T_{rep}$ (或周期)通过确定 $T_{rep} = T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_N$ 。该增益图(和对应的时间段)优选配置成相较于在所请求正向增益调制之前的信号节约合成信号中的能量(例如基于周期或者跨更长或更短的时间段,取决于应用)。在上面的图2、3所示的例子中, $N = 2$ ,时域信号(宽带信号)、部分频带、或者展现2个时间段 $T_1(FB_i), T_2(FB_i)$ 和2个对应的增益值(或函数) $A_1(FB_i)$ 和 $A_2(FB_i)$ 的每一频带,其在图2、3中分别称为 $T_H(FB_i), T_L(FB_i), A_H(FB_i)$ 和 $A_L(FB_i)$ 。在这些例子中,重复时间由 $T_{rep}(FB_i) = T_H(FB_i) + T_L(FB_i)$ 给出。对于 $N = 3$ ,为实现与 $N = 2$ 类似的反馈估计效果,可选择 $T_1(FB_i) = T_H(FB_i) / 2, T_2(FB_i) = T_H(FB_i) / 2, T_3(FB_i) = T_L(FB_i)$ 及 $A_1(FB_i) = A_H(FB_i) * \text{sqrt}(0.5), A_2(FB_i) = A_H(FB_i) * \text{sqrt}(1.5), A_3(FB_i) = A_L(FB_i)$ (或者如果希望节能,确保节能的参数的任何其它组合)。针对 $N = 3$ 提及的时间和增益参数的示例值在 $T_{rep}(FB_i)$ 的一次重复期间提供与针对 $N = 2$ 例示一样的 $T_{rep}(FB_i)$ 和能量。即 $T_{rep}(FB_i) = T_1(FB_i) + T_2(FB_i) + T_3(FB_i) = T_H(FB_i) + T_L(FB_i)$ ,及跨一次重复(周期)的能量 $T_1(FB_i) * (A_1(FB_i))^2 + T_2(FB_i) * (A_2(FB_i))^2 + T_3(FB_i) * (A_3(FB_i))^2 = T_H(FB_i) / 2 * (A_H(FB_i) * \text{sqrt}(0.5))^2 + T_H(FB_i) / 2 * (A_H(FB_i) * \text{sqrt}(1.5))^2 + T_L(FB_i) * A_L(FB_i)^2 = T_H(FB_i) * A_H(FB_i)^2 + T_L(FB_i) * A_L(FB_i)^2$ 。

[0126] 总之,提供一种包括正向通路的听力装置如助听器,其包含用于提供电输入信号的输入变换器、配置成将所请求的正向增益施加到电输入信号的信号处理单元、及输出变换器。该听力装置还包括反馈减少单元,用于降低因从输出变换器到输入变换器的反馈引起啸声的风险。正向通路和外部反馈通路确定往返环路时延。反馈减少单元配置成按时间调制所请求的正向增益,使得所得正向增益在第一时间段 $T_H$ 展现第一增大的增益 $A_H$ 及在第二时间段 $T_L$ 展现第二减小的增益 $A_L$ ,其中 $A_H, A_L, T_H$ 和 $T_L$ 中的至少一个根据预定或自适应确定的包括往返环路时延的判据确定。

[0127] 当由对应的过程适当代替时,上面描述的、“具体实施方式”中详细描述的和权利要求中限定的装置的结构特征可与本发明方法的实施结合。

[0128] 除非明确指出,在此所用的单数形式“一”、“该”的含义均包括复数形式(即具有“至少一”的意思)。应当进一步理解,说明书中使用的术语“具有”、“包括”和/或“包含”表明存在所述的特征、整数、步骤、操作、元件和/或部件,但不排除存在或增加一个或多个其他特征、整数、步骤、操作、元件、部件和/或其组合。应当理解,除非明确指出,当元件被称为“连接”或“耦合”到另一元件时,可以是直接连接或耦合到其他元件,也可以存在中间插入元件。如在此所用的术语“和/或”包括一个或多个列举的相关项目的任何及所有组合。除非明确指出,在此公开的任何方法的步骤不必须精确按所公开的顺序执行。

[0129] 应意识到,本说明书中提及“一实施例”或“实施例”或“方面”或者“可”包括的特征意为结合该实施例描述的特定特征、结构或特性包括在本发明的至少一实施方式中。此外,特定特征、结构或特性可在本发明的一个或多个实施方式中适当组合。提供前面的描述是为了使本领域技术人员能够实施在此描述的各个方面。各种修改对本领域技术人员将显而易见,及在此定义的一般原理可应用于其他方面。

[0130] 权利要求不限于在此所示的各个方面,而是包含与权利要求语言一致的全部范围,其中除非明确指出,以单数形式提及的元件不意指“一个及只有一个”,而是指“一个或多个”。除非明确指出,术语“一些”指一个或多个。

[0131] 因而,本发明的范围应依据权利要求进行判断。

[0132] 参考文献

[0133] • EP2148527A1 (OTICON) 27.01.2010

[0134] • US2015011266A1 (SENNHEISER COMMUNICATIONS) 08.01.2015

[0135] • [Schaub;2008] Arthur Schaub, Digital hearing Aids, Thieme Medical.Pub.,2008.

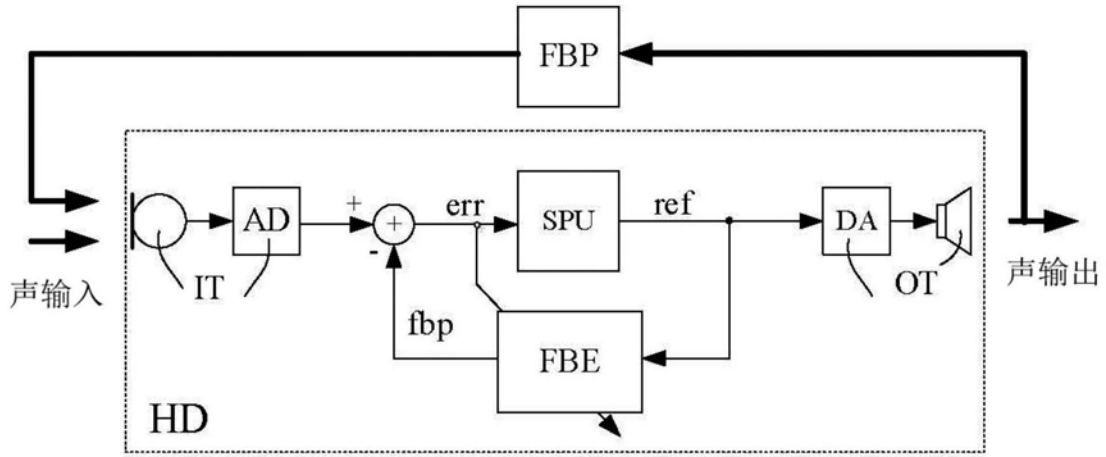


图1A

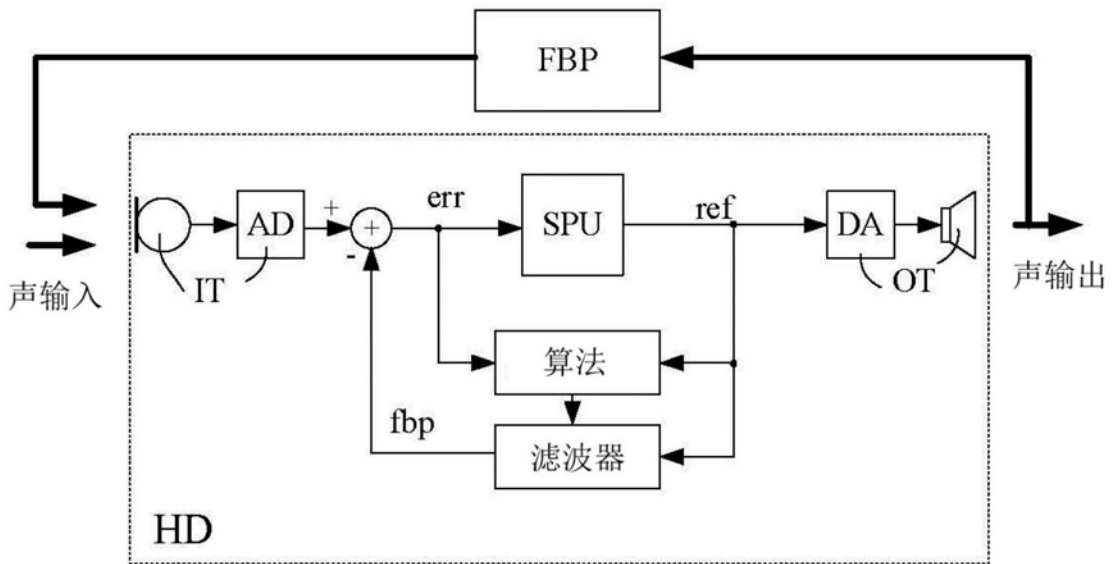


图1B

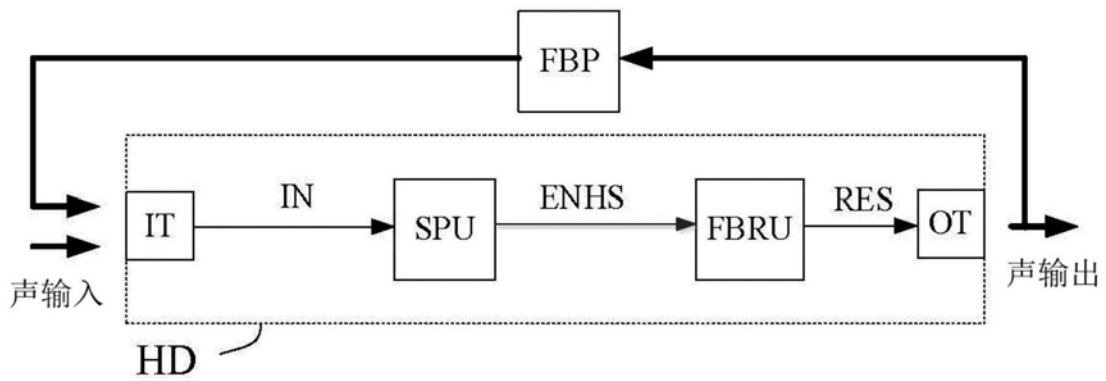


图1C

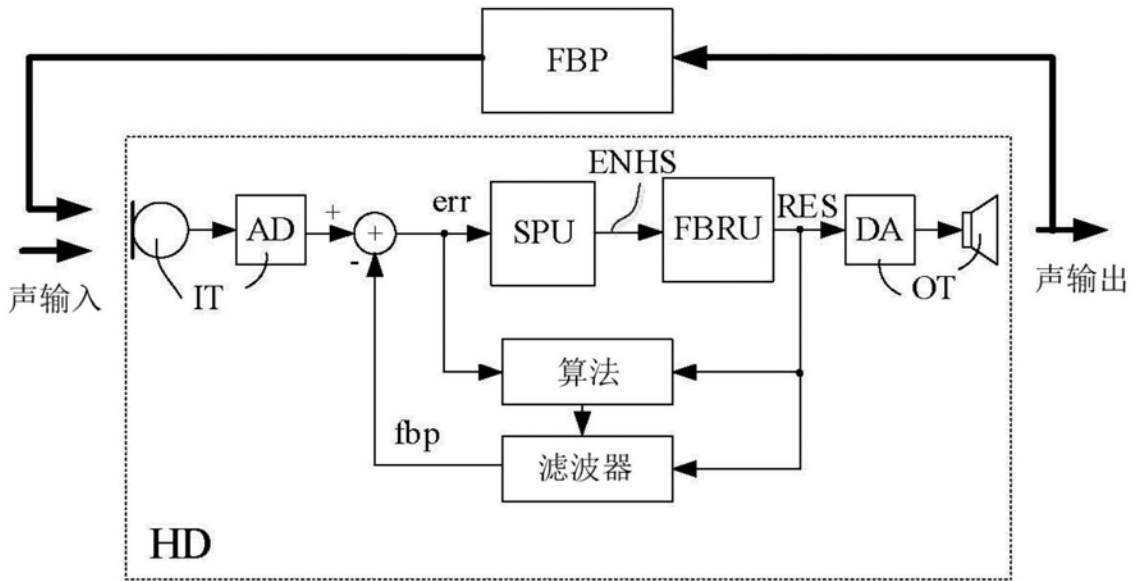


图1D

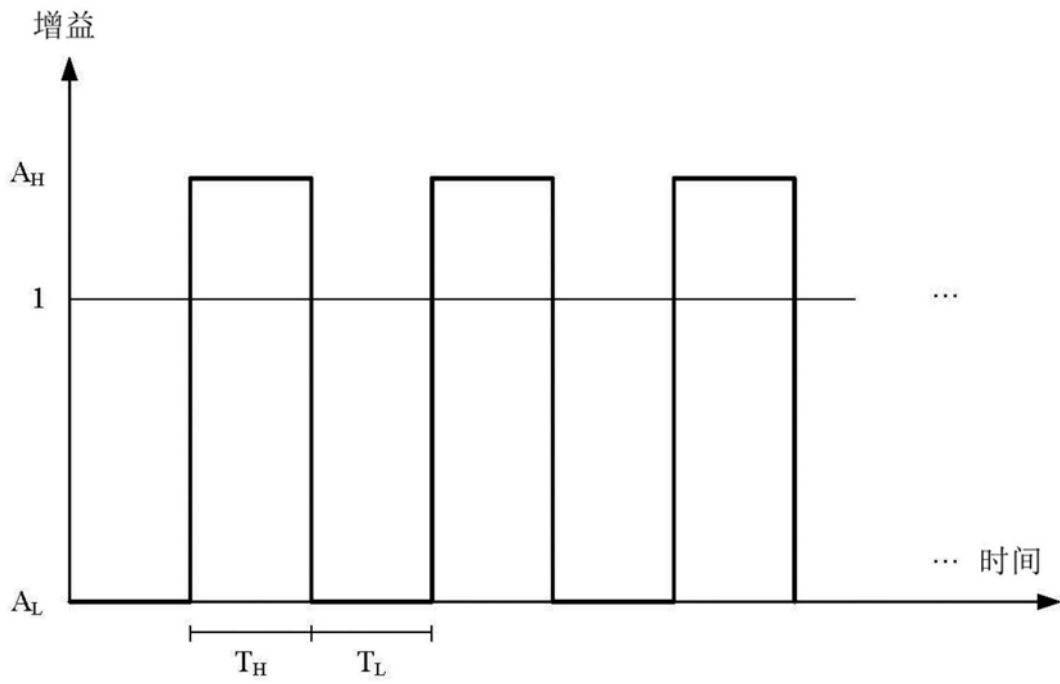


图2A

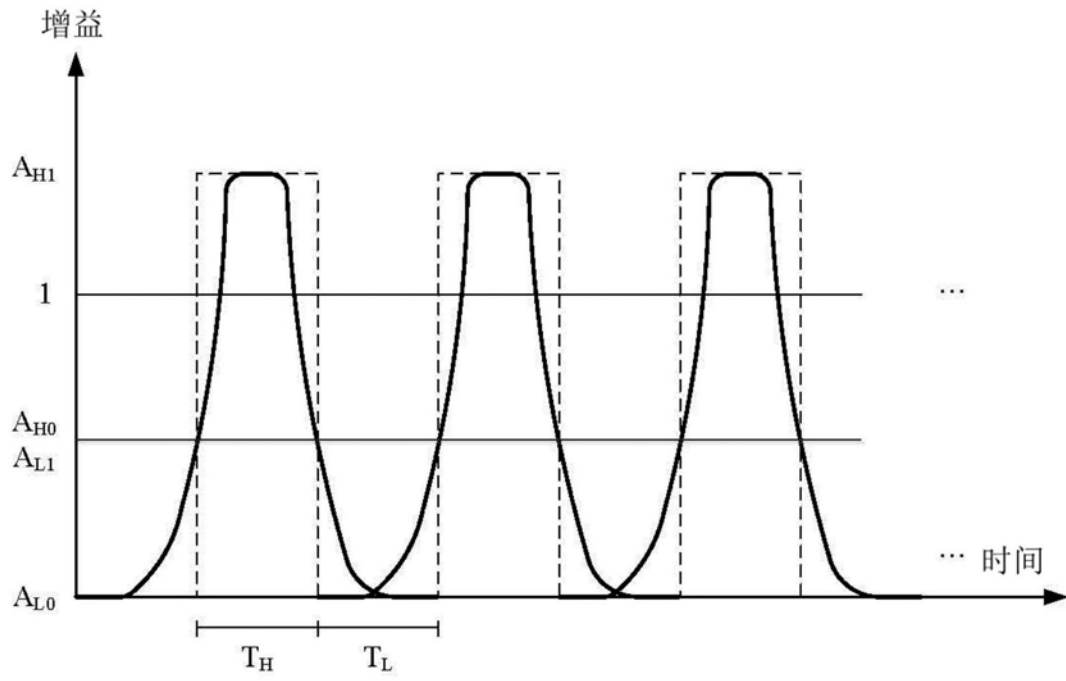


图2B

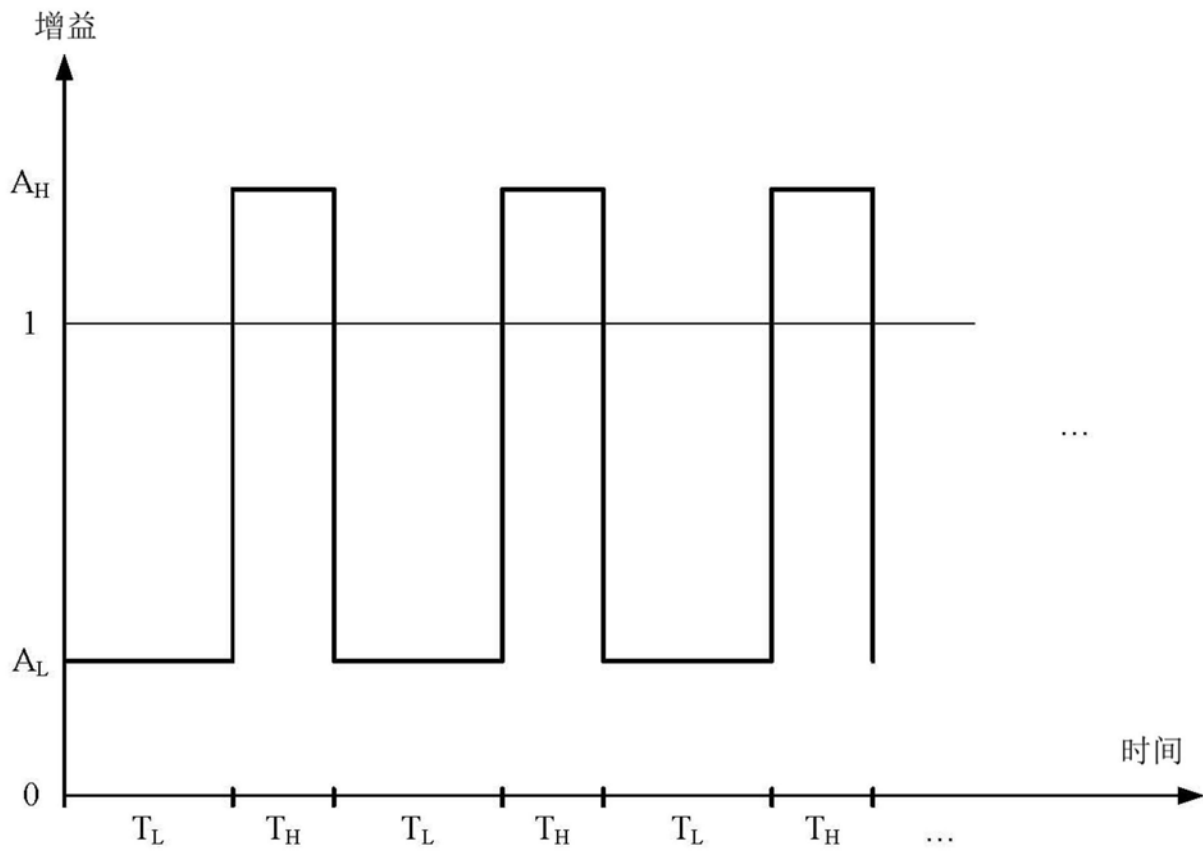


图2C

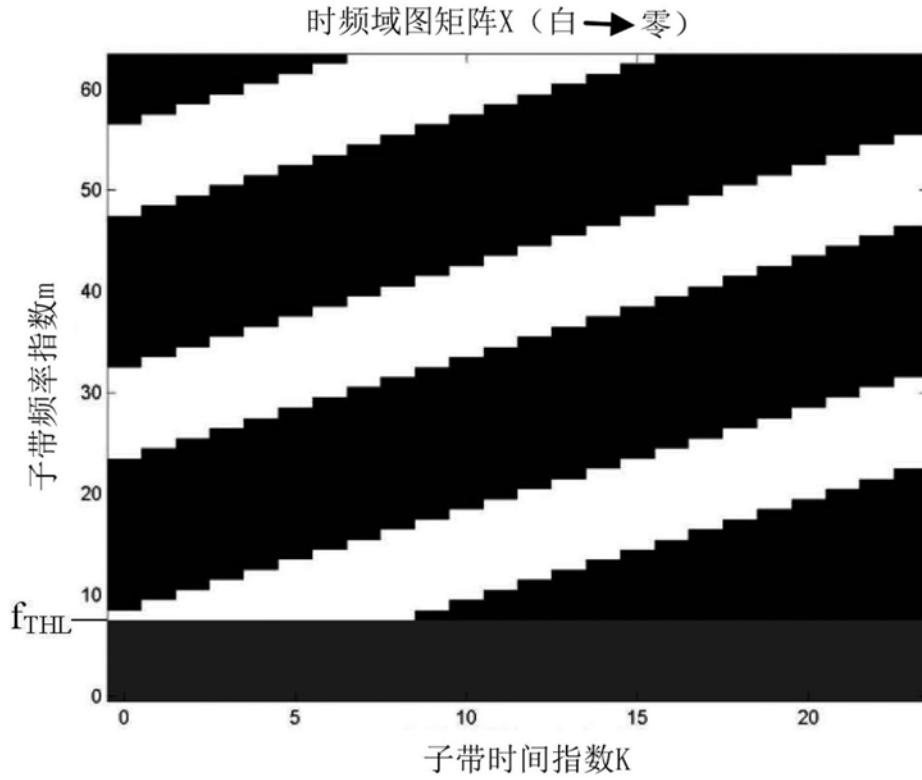


图3A

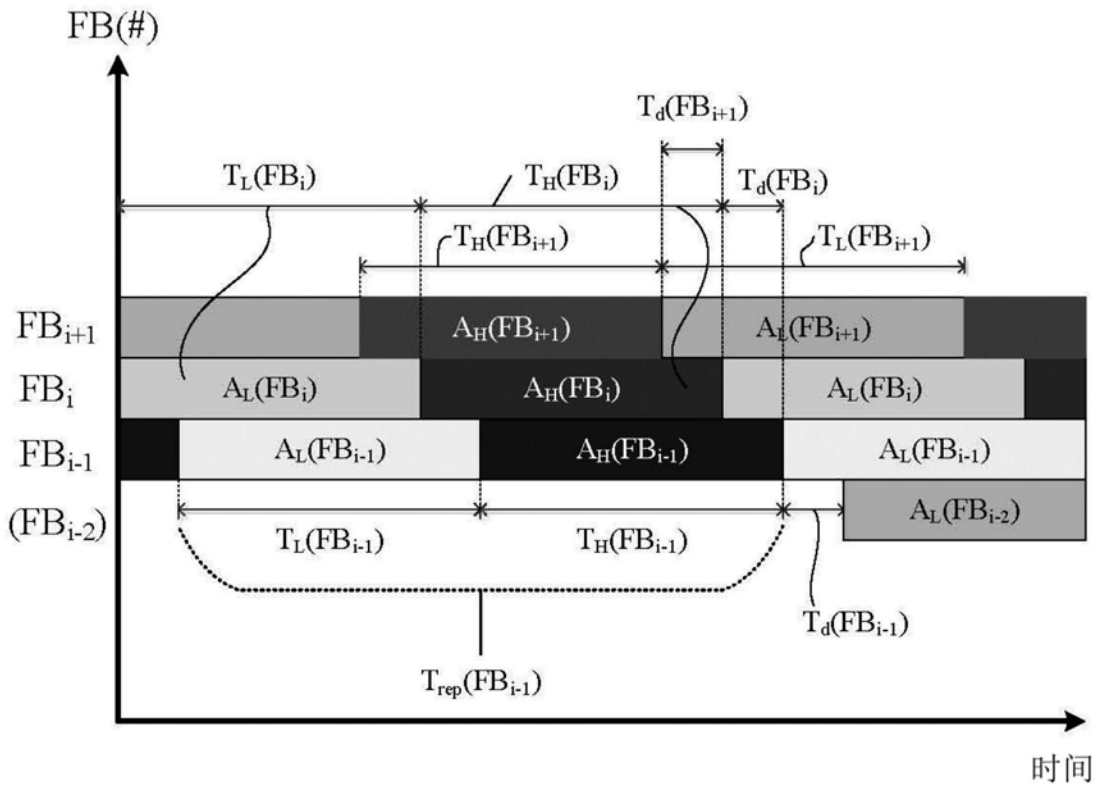


图3B

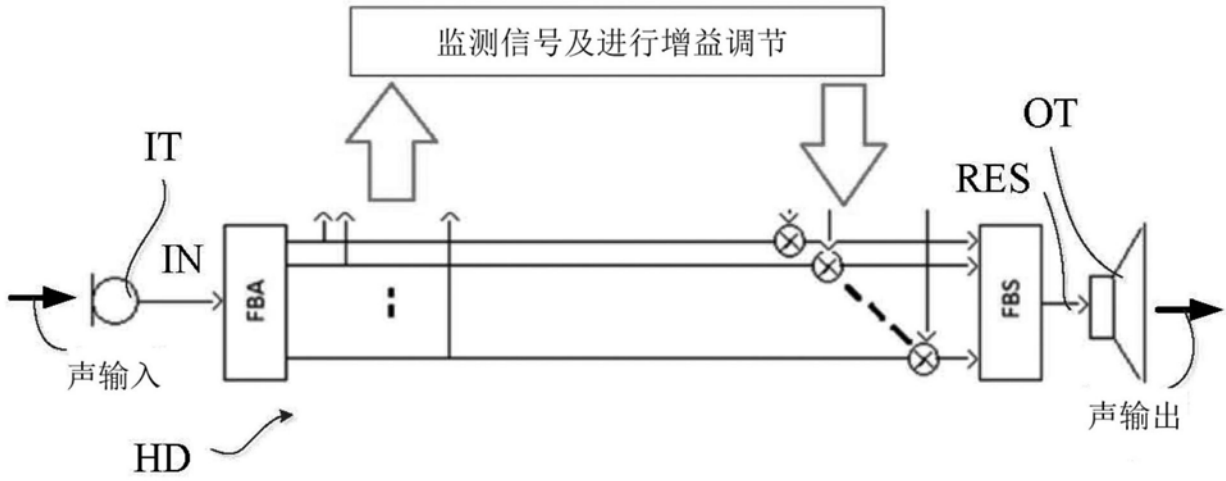


图4A

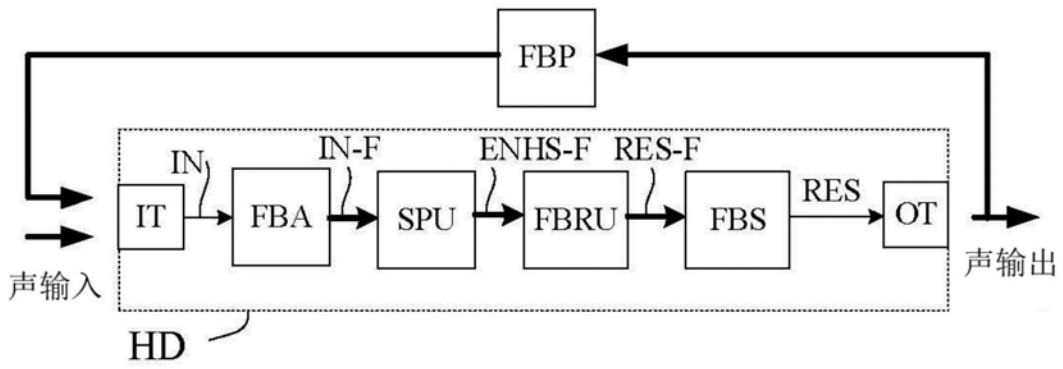


图4B

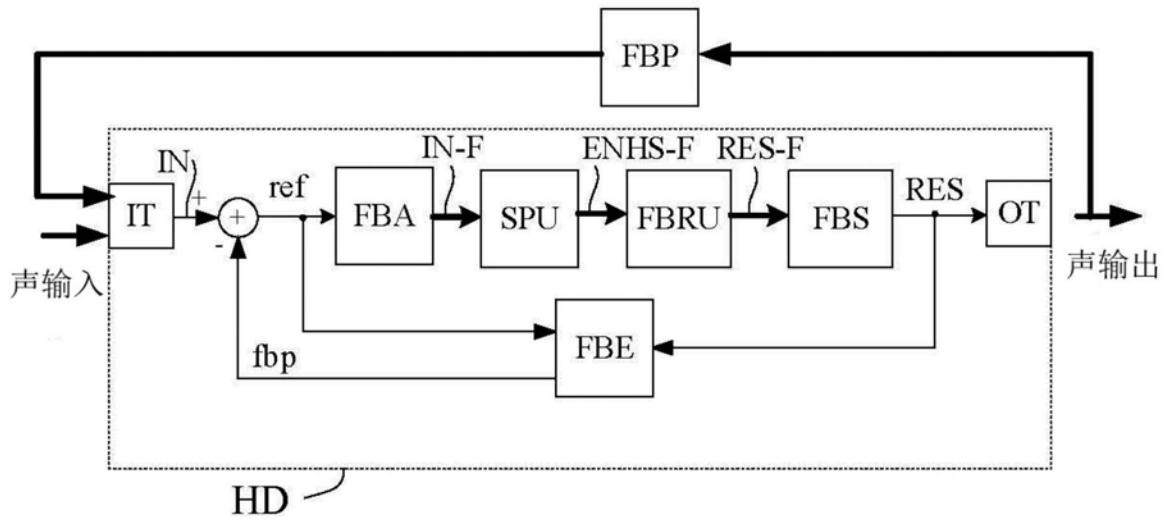


图4C

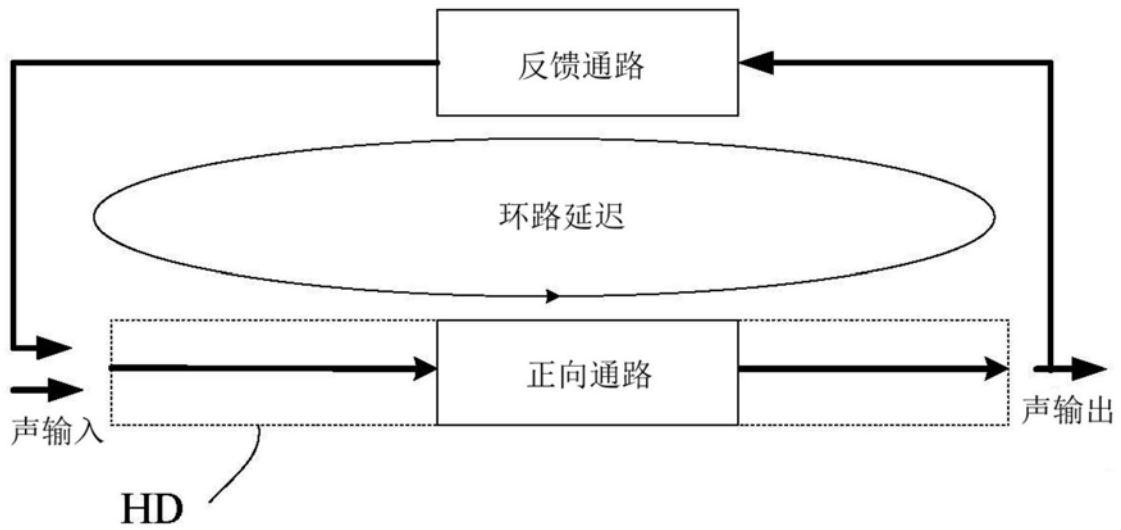


图5A

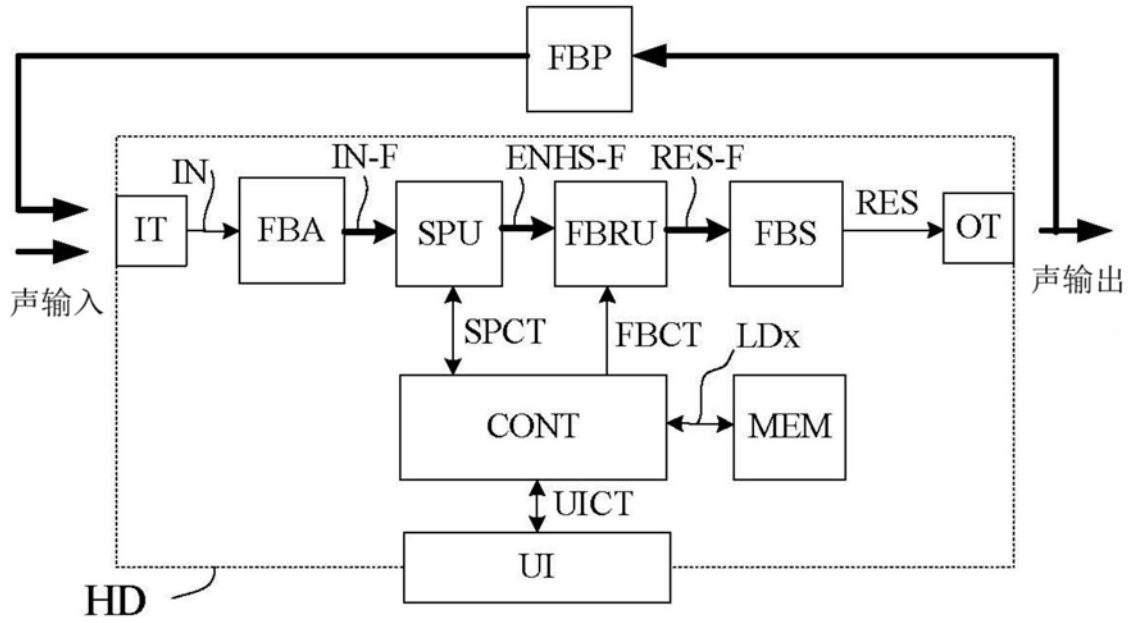


图5B

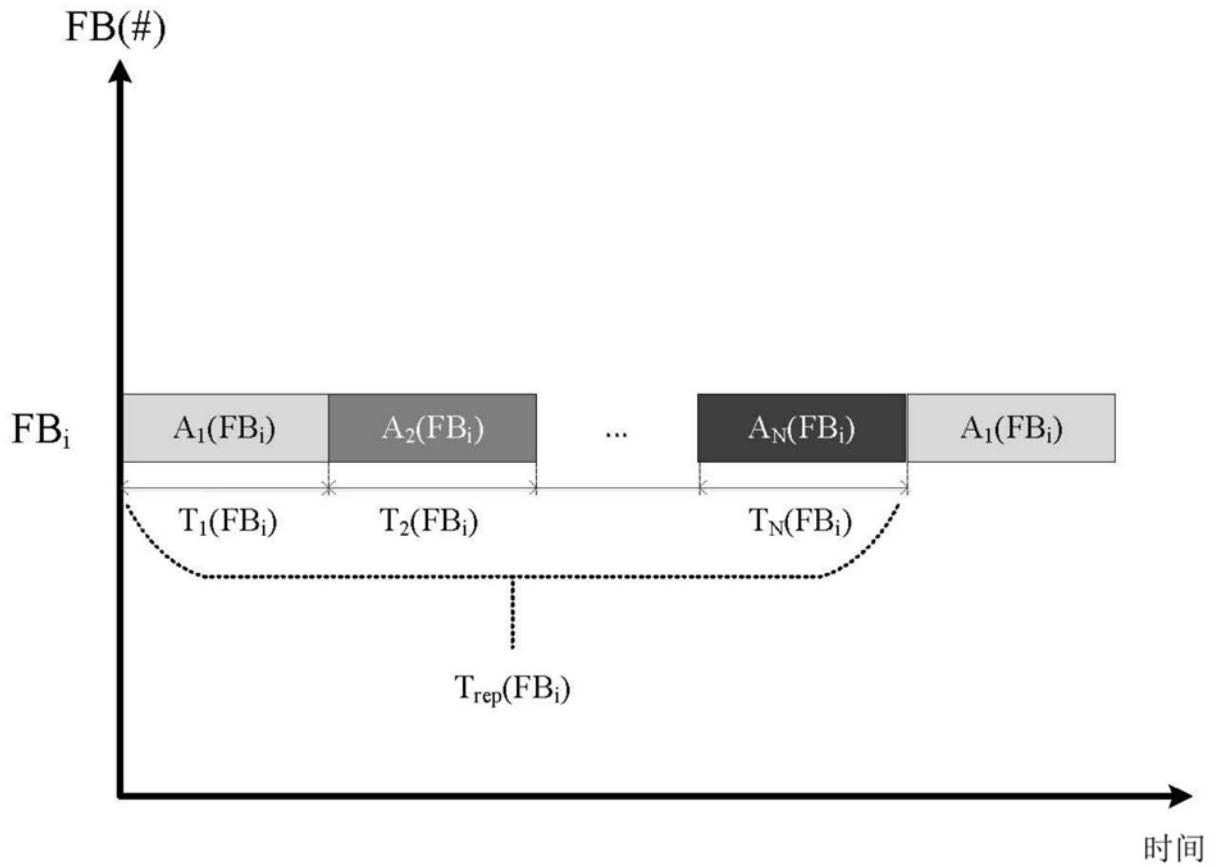


图6