



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106331959 B

(45)授权公告日 2019.10.25

(21)申请号 201610850058.4

(22)申请日 2016.09.26

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106331959 A

(43)申请公布日 2017.01.11

(73)专利权人 欧仕达听力科技(厦门)有限公司
地址 361009 福建省厦门市湖里区高崎南
12路艾德航空工业园2号楼第2层

(72)发明人 梁维谦 薛行栋 朴志刚

(74)专利代理机构 北京智汇东方知识产权代理
事务所(普通合伙) 11391
代理人 薛峰 刘长江

(51)Int.Cl.
H04R 3/04(2006.01)

(56)对比文件

JP 2007235943 A,2007.09.13,
CN 103219012 A,2013.07.24,
CN 103503477 A,2014.01.08,
CN 1700306 A,2005.11.23,
CN 102074245 A,2011.05.25,

审查员 任建宇

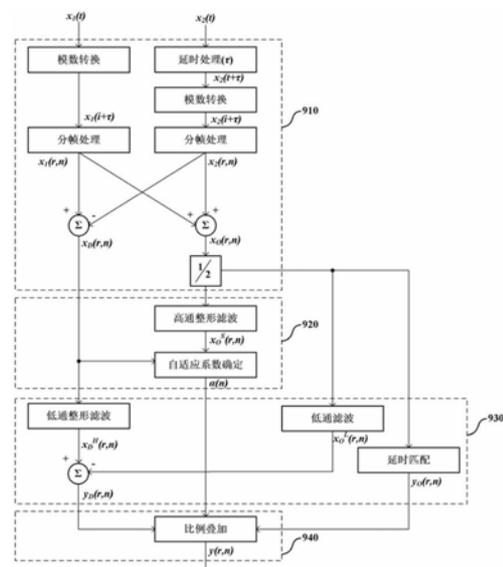
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54)发明名称

指向性传声器的降噪方法与装置

(57)摘要

本发明提供了一种指向性传声器的降噪方法与装置。其中降噪方法包括:对第一传声器的输入信号进行数字化处理,以得到第一初始信号,并对第二传声器的输入信号延时处理后进行数字化处理,以得到第二初始信号;根据第一初始信号和第二初始信号分别计算第一过程信号和第二过程信号;根据第一过程信号和第二过程信号确定自适应比例系数,对第一过程信号和第二过程信号分别进行频响补偿处理,得到第一频响补偿信号和第二频响补偿信号;将第一频响补偿信号和第二频响补偿信号相加得到第三过程信号,对第一频响补偿信号进行延时处理,得到第四过程信号;以及利用自适应比例系数对第三过程信号和第四过程信号进行比例叠加运算,得到降噪后的输出信号。



CN 106331959 B

1. 一种指向性传声器的降噪方法,其中所述指向性传声器包括间隔设置的全向性的第一传声器和第二传声器,并且所述降噪方法包括:

对所述第一传声器转换得到的第一原始信号进行模数转换和分帧处理,以得到第一初始信号,并对所述第二传声器转换得到的第二原始信号进行设定时长的延时处理,并对经过延时处理后的所述第二原始信号进行模数转换和分帧处理,以得到第二初始信号;

将所述第一初始信号和所述第二初始信号相加得到第一过程信号,并将所述第一初始信号和所述第二初始信号相减得到第二过程信号;

对所述第一过程信号进行高通整形滤波;分别计算所述第二过程信号以及经过所述高通整形滤波的第一过程信号的帧能量,得到第一能量值和第二能量值;对所述第一能量值和所述第二能量值进行比较,并根据比较结果确定自适应比例系数,其中确定所述自适应比例系数的公式为:

$$\alpha(n) = \begin{cases} \alpha(n-1) \cdot (1 + \mu_A) & \text{if } E(x_D(r, n)) > E(x_0^S(r, n)) \text{ and } E(x_1(r, n)) > T_N \\ \alpha(n-1) \cdot (1 - \mu_R) & \text{else} \end{cases}$$

其中 $\alpha(n)$ 为所述自适应比例系数, n 为帧序号, r 为帧内采样点序号, $x_D(r, n)$ 为所述第二过程信号, $x_0^S(r, n)$ 为经过所述高通整形滤波的第一过程信号, $x_1(r, n)$ 为所述第一初始信号, $E(x_D(r, n))$ 为所述第一能量值, $E(x_0^S(r, n))$ 为所述第二能量值, $E(x_1(r, n))$ 为所述第一初始信号的帧能量, μ_A 为 $\alpha(n)$ 变化到指向性模式的步进值, μ_R 为 $\alpha(n)$ 变化到全向模式的步进值, T_N 为设定的噪声阈值;

对所述第一过程信号进行低通滤波,以得到第一频响补偿信号;对所述第二过程信号进行低通整形滤波,以得到第二频响补偿信号;

将所述第一频响补偿信号和所述第二频响补偿信号相加得到第三过程信号,并对所述第一频响补偿信号进行延时处理,得到第四过程信号;以及

利用所述自适应比例系数对所述第三过程信号和所述第四过程信号进行比例叠加运算,得到降噪后的输出信号,所述降噪后的输出信号的计算公式为: $y(r, n) = \alpha(n) \cdot y_D(r, n) + (1 - \alpha(n)) \cdot y_0(r, n)$,其中 $y(r, n)$ 为所述降噪后的输出信号, $y_D(r, n)$ 为所述第三过程信号, $y_0(r, n)$ 为所述第四过程信号。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,

对所述第一原始信号进行模数转换以及对经过延时处理后的第二原始信号进行模数转换的采样率设置为相同,以及对所述第一原始信号进行分帧处理以及对经过延时处理后的第二原始信号进行分帧处理的帧长设置为相同。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,对所述第二原始信号进行延时处理的时长根据需要抑制噪声的方向角以及所述第一传声器与所述第二传声器之间的距离设定。

4. 一种指向性传声器的降噪装置,其中所述指向性传声器包括间隔设置的全向性的第一传声器和第二传声器,并且所述降噪装置包括:

前置处理模块,配置成对所述第一传声器转换得到的第一原始信号进行模数转换和分帧处理,以得到第一初始信号,并对所述第二传声器转换得到的第二原始信号进行设定时长的延时处理,并对经过延时处理后的所述第二原始信号进行模数转换和分帧处理,以得到第二初始信号,将所述第一初始信号和所述第二初始信号相加得到第一过程信号,并将

所述第一初始信号和所述第二初始信号相减得到第二过程信号；

自适应指向性模块，配置成对所述第一过程信号进行高通整形滤波；分别计算所述第二过程信号以及经过所述高通整形滤波的第一过程信号的帧能量，得到第一能量值和第二能量值；对所述第一能量值和所述第二能量值进行比较，并根据比较结果确定自适应比例系数，其中确定所述自适应比例系数的公式为：

$$\alpha(n) = \begin{cases} \alpha(n-1) \cdot (1 + \mu_A) & \text{if } E(x_D(r, n)) > E(x_0^S(r, n)) \text{ and } E(x_1(r, n)) > T_N \\ \alpha(n-1) \cdot (1 - \mu_R) & \text{else} \end{cases}$$

其中 $\alpha(n)$ 为所述自适应比例系数， n 为帧序号， r 为帧内采样点序号， $x_D(r, n)$ 为所述第二过程信号， $x_0^S(r, n)$ 为经过所述高通整形滤波的第一过程信号， $x_1(r, n)$ 为所述第一初始信号， $E(x_D(r, n))$ 为所述第一能量值， $E(x_0^S(r, n))$ 为所述第二能量值， $E(x_1(r, n))$ 为所述第一初始信号的帧能量， μ_A 为 $\alpha(n)$ 变化到指向性模式的步进值， μ_R 为 $\alpha(n)$ 变化到全向模式的步进值， T_N 为设定的噪声阈值；

频响补偿模块，配置成对所述第一过程信号进行低通滤波，以得到第一频响补偿信号；对所述第二过程信号进行低通整形滤波，以得到第二频响补偿信号；将所述第一频响补偿信号和所述第二频响补偿信号相加得到第三过程信号；以及

比例叠加模块，配置成对所述第一频响补偿信号进行延时处理，得到第四过程信号，利用所述自适应比例系数对所述第三过程信号和所述第四过程信号进行比例叠加运算，得到降噪后的输出信号，所述降噪后的输出信号的计算公式为： $y(r, n) = \alpha(n) \cdot y_D(r, n) + (1 - \alpha(n)) \cdot y_0(r, n)$ ，其中 $y(r, n)$ 为所述降噪后的输出信号， $y_D(r, n)$ 为所述第三过程信号， $y_0(r, n)$ 为所述第四过程信号。

5. 根据权利要求4所述的装置，其中所述前置处理模块还配置成：

对所述第一原始信号进行模数转换以及对经过延时处理后的第二原始信号进行模数转换的采样率设置为相同，以及对所述第一原始信号进行分帧处理以及对经过延时处理后的第二原始信号进行分帧处理的帧长设置为相同。

6. 根据权利要求5所述的装置，其中，对所述第二原始信号进行的延时处理的时长根据需要抑制噪声的方向角以及所述第一传声器与所述第二传声器之间的距离设定。

指向性传声器的降噪方法与装置

技术领域

[0001] 本发明涉及音频处理领域,特别是涉及指向性传声器的降噪方法与装置。

背景技术

[0002] 现有技术中,听力装置大多采用了具有指向性功能的传声器(又称为麦克风、微音器,英文Microphone),指向性用于描述传声器对于不同方向或角度的声音的灵敏度。指向性传声器通常利用短距离放置的匹配的全向性传声器采集声信号,并延时相减处理,根据输入信号的相位特性抑制方向性噪声。

[0003] 图1是根据现有技术的指向性传声器的运行原理示意图,在图中,MIC1为前置全向性传声器,布置于在听力装置前侧;MIC2为后置全向性传声器,放置在听力装置后侧。MIC2接收到的信号经过延时后与MIC1信号相减得出指向性信号。

[0004] 指向性传声器算法通过输入噪声同相位相减去掉噪声声源,其与单传声器的自适应降噪算法不同。指向性传声器算法相对单传声器降噪算法具有以下优点:

[0005] 一、与信号稳态性无关。单传声器降噪算法是根据输入信号特性进行统计分析,实时根据输入声音与目标声音的特性吻合程度进行信号增强或抑制。例如,基于自适应滤波器的稳态噪声的降噪方法通常以输入声能量的动态变化率作为滤波器收敛的目标,即能量变化明显、信噪比较高时提高滤波器增益、能量变化较小信噪比低时降低滤波器增益,最终达到对目标声音放大并对稳态噪声抑制的效果。单传声器降噪算法依赖于信号特性,而指向性传声器算法与输入声类型无关。

[0006] 二、对言语可懂度有明显提升。单传声器降噪通常采用增益控制方法降低噪声时频段的声能量。这种算法全依赖于信号特性来提高信噪比,能明显提高听觉舒适度,却不能提高言语可懂度。指向性传声器算法利用相位差对噪声进行分离,在目标信号与噪声信号来自不同方向时不仅可以提高听觉舒适度,也可以显著提高听者的言语可懂度。

[0007] 指向性传声器通常采用两个匹配的传声器信号进行延时相减来实现,根据配置的延时不同可获得不同极性的指向性传声器效果。

[0008] 图2是根据现有技术中常用传声器指向性的典型极性图,图2中依次示出了过心形指向、超心形指向、心形指向。其中心形指向得名于拾音范围类似于心形,在话筒的正前方对音频信号的灵敏度非常高;而到了话筒的侧面(90度处),其灵敏度也不错,但是比正前方要低;最后,对于来自话筒后方的声音,它则具有非常好的屏蔽作用。超心形指向的指向性要比过心形稍稍差一些,且其对来自话筒后方声音的灵敏度区域也要小得多。过心形指向与心形指向和超心形指向非常相似,也对话筒前方声音的灵敏度非常高。三种指向的最低灵敏度所处的点位是存在区别。

[0009] 指向性传声器算法的延时通常通过A/D延时或线性相位的滤波器实现。通过对延时和滤波器的设置,可以得出不同极性的指向性传声器。

[0010] 由于听力装置的尺寸限制,指向性传声器的两个传声器间距较短,通常在1-2cm之间。因此,当两路声信号进行延时相减时,由于两路声信号的低频部分相位差较小,导致相

减后声信号的低频部分能量被衰减。听力装置经常需要提高低频部分的增益来补充这种衰减。这种类似简单地提高后置增益的方法将会提高低频输入噪声,降低听力装置的舒适度。另一方面,因指向性传声器系统长时间保持着后置传声器信号的衰减,也导致了使用者听音体验上不够自然。

[0011] 因此现有技术中缺乏适用于听力装置的频响平坦的指向性传声器算法,无法达到自然的聆听效果。

发明内容

[0012] 本发明的一个目的是要提供一种针对听力装置的双传声器指向性降噪的方法和装置。

[0013] 本发明一个进一步的目的是要提供平坦的频率响应,结合指向性的自适应处理改善听力装置的听觉舒适度。

[0014] 本发明另一个进一步的目的是要使用者听音体验更加自然。

[0015] 特别地,本发明提供了一种指向性传声器的降噪方法,指向性传声器包括间隔设置的全向性的第一传声器和第二传声器,并且降噪方法包括:对第一传声器转换得到的第一原始信号进行数字化处理,以得到第一初始信号,并对第二传声器转换得到的第二原始信号延时处理后进行数字化处理,以得到第二初始信号;将第一初始信号和第二初始信号相加得到第一过程信号,并将第一初始信号和第二初始信号相减得到第二过程信号;根据第一过程信号和第二过程信号确定自适应比例系数,并对第一过程信号和第二过程信号分别进行频响补偿处理,得到第一频响补偿信号和第二频响补偿信号;将第一频响补偿信号和第二频响补偿信号相加得到第三过程信号,并对第一频响补偿信号进行延时处理,得到第四过程信号;以及利用自适应比例系数对第三过程信号和第四过程信号进行比例叠加运算,得到降噪后的输出信号。

[0016] 可选地,对第一原始信号进行数字化处理的步骤包括:对第二原始信号延时处理后进行数字化处理的步骤包括:对第二原始信号进行设定时长的延时处理,并对经过延时处理后的第二原始信号进行模数转换和分帧处理,得到第二初始信号,并且对第一原始信号进行模数转换以及对经过延时处理后的第二原始信号进行模数转换的采样率设置为相同,以及对第一原始信号进行分帧处理以及对经过延时处理后的第二原始信号进行分帧处理的帧长设置为相同。

[0017] 可选地,对第二原始信号进行延时处理的时长根据需要抑制噪声的方向角以及第一传声器与第二传声器之间的距离设定。

[0018] 可选地,确定自适应比例系数的步骤包括:对第一过程信号进行高通整形滤波;分别计算第二过程信号以及经过高通整形滤波的第一过程信号的帧能量,得到第一能量值和第二能量值;对第一能量值和第二能量值进行比较,并根据比较结果确定自适应比例系数。

[0019] 可选地,对第一过程信号和第二过程信号分别进行补偿处理的步骤包括:对第一过程信号进行低通滤波,以得到第一频响补偿信号;对第二过程信号进行低通整形滤波,以得到第二频响补偿信号。

[0020] 根据本发明的另一个方面,还提供了一种指向性传声器的降噪装置,其中指向性传声器包括间隔设置的全向性的第一传声器和第二传声器,并且降噪装置包括:前置处理

模块,配置成对第一传声器转换得到的第一原始信号进行数字化处理得到第一初始信号,并对第二传声器转换得到的第二原始信号延时处理后进行数字化处理,以得到第二初始信号,将第一初始信号和第二初始信号相加得到第一过程信号,并将第一初始信号和第二初始信号相减得到第二过程信号;自适应指向性模块,配置成根据第一过程信号和第二过程信号确定自适应比例系数;频响补偿模块,配置成对第一过程信号和第二过程信号分别进行频响补偿处理,得到第一频响补偿信号和第二频响补偿信号;将第一频响补偿信号和第二频响补偿信号相加得到第三过程信号;以及比例叠加模块,配置成对第一频响补偿信号进行延时处理,得到第四过程信号,利用自适应比例系数对第三过程信号和第四过程信号进行比例叠加运算,得到降噪后的输出信号。

[0021] 可选地,前置处理模块还配置成:对第一原始信号进行模数转换和分帧处理,得到第一初始信号;对第二原始信号进行设定时长的延时处理,并对经过延时处理后的第二原始信号进行模数转换和分帧处理,得到所述第二初始信号,并且对第一原始信号进行模数转换以及对经过延时处理后的第二原始信号进行模数转换的采样率设置为相同,以及对第一原始信号进行分帧处理以及对经过延时处理后的第二原始信号进行分帧处理的帧长设置为相同。

[0022] 可选地,对第二原始信号进行的延时处理的时长根据需要抑制噪声的方向角以及第一传声器与第二传声器之间的距离设定。

[0023] 可选地,自适应指向性模块还配置成:对第一过程信号进行高通整形滤波;分别计算第二过程信号以及经过高通整形滤波的第一过程信号的帧能量,得到第一能量值和第二能量值;对第一能量值和第二能量值进行比较,并根据比较结果确定自适应比例系数。

[0024] 可选地,频响补偿模块还配置成:对第一过程信号进行低通滤波,以得到第一频响补偿信号;对第二过程信号进行低通整形滤波,以得到第二频响补偿信号。

[0025] 本发明的指向性传声器的降噪方法和装置,一般应用于具有两个全向性传声器的听力装置中,在将两个传声器的原始信号进行数字处理,通过计算确定自适应比例系数,并且进行频响补偿后,利用自适应比例系数进行比例叠加,得到最终输出的降噪后的输出信号,从而提供平坦的频率响应,结合指向性的自适应处理改善听力装置的听觉舒适度。

[0026] 进一步地,本发明的指向性传声器的降噪方法和装置,通过高低频分频段处理,有效地对指向性传声器进行低频补偿,从而提供了平坦的幅频响应。同时,通过比较全向性信号与指向性信号的能量自适应地切换系统指向性,改善了在没有后向噪声时的用户听感舒适度。

[0027] 进一步地,本发明的指向性传声器的降噪方法和装置,输入声音经过处理后本保留前向目标信号能量的同时有分离去除了后向噪声信号,并没有产生信号失真或谐波。并且通过频率响应补偿有效地补偿了低频能量,使得输出信号在频谱能量上也是平坦的。

[0028] 根据下文结合附图对本发明具体实施例的详细描述,本领域技术人员将会更加明了本发明的上述以及其他目的、优点和特征。

附图说明

[0029] 后文将参照附图以示例性而非限制性的方式详细描述本发明的一些具体实施例。附图中相同的附图标记标示了相同或类似的部件或部分。本领域技术人员应该理解,这些

附图未必是按比例绘制的。附图中：

- [0030] 图1是根据现有技术的指向性传声器的运行原理示意图；
- [0031] 图2是根据现有技术中常用传声器指向性的典型极性图；
- [0032] 图3是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪方法中传声器的空间位置示意图；
- [0033] 图4是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪方法的示意图；
- [0034] 图5是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪方法中指向性传声器的极性示意图；
- [0035] 图6是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪方法中高通整形滤波的示意图；
- [0036] 图7是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪方法中低通整形滤波的示意图；
- [0037] 图8是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪方法中低通滤波的示意图；
- [0038] 图9是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪装置的示意图；以及
- [0039] 图10是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪装置的执行流程图。

具体实施方式

[0040] 本实施例提供了一种指向性传声器的降噪方法与装置，尤其适用于具有双全向性传声器的听力装置，图3是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪方法中传声器的空间位置示意图，该指向性传声器包括全向性的第一传声器10和第二传声器20，其中第一传声器10和第二传声器20之间间隔的距离为 d （一般为1~2cm），其中第一传声器10为前向传声器，而第二传声器20为后向传感器。

[0041] 图4是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪方法的示意图，该指向性传声器的降噪方法一般性地可以包括以下步骤：

[0042] 步骤S402，对第一传声器10转换得到的第一原始信号进行数字化处理，以得到第一初始信号；

[0043] 步骤S404，对第二传声器20转换得到的第二原始信号延时处理后进行数字化处理，以得到第二初始信号；

[0044] 步骤S406，将第一初始信号和第二初始信号相加得到第一过程信号；

[0045] 步骤S408，将第一初始信号和第二初始信号相减得到第二过程信号；

[0046] 步骤S410，根据第一过程信号和第二过程信号确定自适应比例系数；

[0047] 步骤S412，对第一过程信号和第二过程信号分别进行频响补偿处理，得到第一频响补偿信号和第二频响补偿信号；

[0048] 步骤S414，将第一频响补偿信号和第二频响补偿信号相加得到第三过程信号；

[0049] 步骤S416，对第一频响补偿信号进行延时处理，得到第四过程信号；

[0050] 步骤S418，利用自适应比例系数对第三过程信号和第四过程信号进行比例叠加运算，得到降噪后的输出信号。

[0051] 步骤S402中进行数字化处理可以包括：对第一原始信号进行模数转换和分帧处理，得到第一初始信号，例如将第一传声器10转换得到的第一原始信号记为 $x_1(t)$ ，经过模

数转换后得到数字信号 $x_1(i)$ ，采样率可以根据声音信号的质量结合数字处理能力进行核定，例如可以设定为16kHz。数字信号 $x_1(i)$ 进一步进行分帧处理得到分帧后的第一过程信号 $x_1(r,n)$ ，其中， n 为帧序号， r 为帧内采样点序号，其取值为 $r = \{1, 2, \dots, R\}$ ，帧长也可以根据数字处理能力进行设定，例如设置为 $R = 2\text{ms}$ 。

[0052] 步骤S404中对第二原始信号进行延时处理可以包括：对第二原始信号进行设定时长的延时处理，经过延时后的信号再进行模数转换和分帧处理。

[0053] 例如将第二传声器20转换得到的第二原始信号记为 $x_2(t)$ ，延时时长设为 τ ， τ 可以根据需要抑制噪声的方向角以及第一传声器10与第二传声器20之间的距离设定，具体地，时延 τ 可以按照公式(1)进行计算：

$$[0054] \quad \tau = -\frac{d \cdot \cos(\theta)}{v} \quad (1)$$

[0055] 在公式(1)中，其中， θ 是需要抑制噪声的方向角， d 是前后麦克风之间的距离， v 是声音传播速度。在已知噪声方向角 $\theta = 180$ ，前后麦克风之间的距离 $d = 0.02\text{m}$ ，空气中的声音传播速度 $v = 340\text{m/s}$ ，可根据式(1)计算得到时延 $\tau = -5.88e^{-5}$ ，在另一些实施例中 τ 也可以按照经验值进行设定。图5是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪方法中指向性传声器的极性示意图，在图中，虚线为增益参考图，从外到里分别为0，-6，-12，-18，-24(单位为dB)。实线表示不同频率的指向性极性，从里到外分别为：250，500，1000，2000，4000，8000(单位为Hz)。

[0056] 对 $x_2(t)$ 进行延时后的信号记为 $x_2(t+\tau)$ ，然后对信号进行模数转换得到延时数字信号 $x_2(i+\tau)$ ，其采样率与对 $x_1(t)$ 进行采样的采样率设置为一致。然后对 $x_2(i+\tau)$ 进行分帧处理，得到 $x_2(r,n)$ 。其帧长也与对 $x_1(r,n)$ 进行分帧的帧长设置为一致。

[0057] 上述经过处理的 $x_1(r,n)$ 和 $x_2(r,n)$ 分别后需要处理所需的第一过程信号和第二过程信号。

[0058] 步骤S406中得到的第一过程信号 $x_0(r,n) = x_1(r,n) + x_2(r,n)$ ，其表征了全向性信号；

[0059] 步骤S408中得到的得到第二过程信号 $x_D(r,n) = x_1(r,n) - x_2(r,n)$ ，其表征了指向性信号。

[0060] 步骤S410中自适用系数的确定流程可以包括：

[0061] 对第一过程信号 $x_0(r,n)$ 进行高通整形滤波，该高通整形滤波可以表达为公式(2)：

$$[0062] \quad x_0^S(r,n) = \text{filter}(x_0(r,n), h_H^S) \quad (2)$$

[0063] 在公式2中， h_H^S 为高通整形滤波器，该高通整形滤波器 h_H^S 的幅频响应需要与步骤S408中延时相减系统的幅频响应一致，也就是对第一过程信号 $x_0(r,n)$ 进行高通整形滤波所使用的滤波器的幅频响应与第二过程信号 $x_D(r,n)$ 幅频响应设置为一致。在一些优选实施例中，高通整形滤波器 h_H^S 可以选用1阶IIR滤波器，图6是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪方法中高通整形滤波的示意图。其中实线为指向性信号第二过程信号 $x_D(r,n)$ 的幅频响应曲线，虚线为高通整形滤波器 h_H^S 的幅频响应曲线。通过改图可以看出，两者的幅频响应曲线相似。

[0064] 将经过高通整形滤波的第一过程信号 $x_0^S(r,n)$ 与第二过程信号 $x_D(r,n)$ 进行比较

从而确定自适应比例系数 $\alpha(n)$ 。 $\alpha(n)$ 的计算公式为公式(3)：

[0065]

$$\alpha(n) = \begin{cases} \alpha(n-1) \cdot (1 + \mu_A) & \text{if } E(x_D(n)) > E(x_O^S(n,r)) \text{ and } E(x_1(n)) > T_N \\ \alpha(n-1) \cdot (1 - \mu_R) & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

[0066] 在公式3中, $E(*)$ 为帧能量计算函数,具体地该计算函数如公式(4)

$$E(z) = \sum_{r=1}^R \text{abs}(z) \quad (4)$$

[0068] 其中 z 为被计算的帧信号, μ_A 为 $\alpha(n)$ 变化到指向性模式的步进值, μ_R 为 $\alpha(n)$ 变化到全向模式模式的步进值, T_N 为设定的噪声阈值。在一些具体实施环境中上述参数的取值如下: $\mu_A=0.003$, $\mu_R=0.0003$, $T_N=50$ [dB SPL]。

[0069] 根据公式4,在 $E(x_D(r,n))$ 大于 $E(x_O^S(r,n))$ 并且 $E(x_1(n))$ 大于噪声阈值的情况下, $\alpha(n) = \alpha(n-1) \cdot (1 + \mu_A)$,在不符合上述条件的情况下, $\alpha(n) = \alpha(n-1) \cdot (1 - \mu_R)$ 。

[0070] 步骤S412可以对第二过程信号 $x_D(r,n)$ 低通整形滤波进行频响补偿,例如该低通整形滤波可以表达为公式(5)：

$$x_D^H(r,n) = \text{filter}(x_D(r,n), h_L^S) \quad (5)$$

[0072] 在公式(5)中, $x_D^H(r,n)$ 为低通整形滤波后的第二频响补偿信号, h_L^S 为低通整形滤波器,该低通滤波器 h_L^S 用于对设定频率阈值(例如1kHz)以上的高频信号进行衰减处理,使高频信号尽量平坦。在一些优选实施例中,低通滤波器 h_L^S 可以选择使用为16阶线性相位FIR滤波器。图7是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪方法中低通整形滤波的示意图。在图中曲线L1为第二过程信号 $x_D(r,n)$ 的幅频响应曲线,曲线L3为低通整形滤波器 h_L^S 的幅频响应曲线,曲线L2为滤波得出的第二频响补偿信号 $x_D^H(r,n)$ 的幅频响应曲线。从图中可以看出经过低通滤波,大大衰减了高频信号。

[0073] 步骤S412可以对第一过程信号 $x_O(r,n)$ 低通滤波进行频响补偿,例如该低通滤波可以表达为公式(6)

$$x_O^L(r,n) = \text{filter}(x_O(r,n), h_L) \quad (6)$$

[0075] 在公式(6)中, $x_O^L(r,n)$ 为低通滤波后的第一频响补偿信号, h_L 为低通滤波器,该低通滤波器 h_L 在设定频率(如1kHz)以下的频域与步骤S408中延时相减系统的幅频响应为互补关系,也即两者在dB域相加的结果为0。也就是低通滤波器 h_L 与第二过程信号 $x_D(r,n)$ 的幅频响应低频范围内在dB域相加的结果为0。图8是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪方法中低通滤波的示意图。图8中曲线L4为的第二频响补偿信号 $x_D^H(r,n)$ 的幅频响应曲线,对应地,曲线L5为第一频响补偿信号 $x_O^L(r,n)$ 的幅频响应曲线。

[0076] 步骤S414计算第三过程信号 $y_D(r,n)$ 如公式(7)所示：

$$y_D(r,n) = x_D^H(r,n) + x_O^L(r,n) \quad (7)$$

[0078] 步骤S416对第一频响补偿信号 $x_O^L(r,n)$ 进行延时处理,得到第四过程信号 $y_0(r,n)$,对应于低频全向性信号。该步骤中使用延时处理中的时延与步骤S412中低通整形滤波器 h_L^S 的滤波时延一致,例如在本实施例中可以选择采用8个采样点的延时处理。

[0079] 步骤S418可以通过公式(8)计算得到降噪后的输出信号 $y(r,n)$ ：

$$y(r,n) = \alpha(n) \cdot y_D(r,n) + (1 - \alpha(n)) \cdot y_0(r,n) \quad (8)$$

[0081] 按照上述步骤,最终得出了降噪后的信号,通过对比降噪后的信号与输入信号(第一原始信号以及第二原始信号)的时频图,可以看出,经过上述降噪处理,在保留第一原始信号能量的同时有效分离去除了第二原始信号中的噪声信号,并没有出现信号失真或者谐波,与此同时,通过频响补偿有效地补偿了低频能量,使得输出信号在频谱能量上保持平坦。

[0082] 从而,本实施例的指向性传声器的降噪方法,通过高低频分频段处理,有效地对指向性传声器系统进行低频补偿,提供了平坦的幅频响应。同时,通过比较全向性信号与指向性信号的能量自适应地切换系统指向性,改善了在没有后向噪声时的用户听感舒适度。

[0083] 本实施例还提供了一种指向性传声器的降噪装置,该实施例的指向性传声器的降噪装置通过执行上述指向性传声器的降噪方法,既提供平坦的幅频响应,有改善了用户听感舒适度。图9是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪装置的示意图,以及图10是根据本发明一个实施例的指向性传声器的降噪装置的执行流程图。该指向性传声器的降噪装置一般性地可以包括:前置处理模块910、自适应指向性模块920、频响补偿模块930、比例叠加模块940。

[0084] 前置处理模块910配置成对第一传声器10转换得到的第一原始信号 $x_1(t)$ 进行数字化处理得到第一初始信号 $x_1(r,n)$,并对第二传声器20转换得到的第二原始信号 $x_2(t)$ 延时处理后得到的信号进行数字化处理,以得到第二初始信号 $x_2(r,n)$,将第一初始信号 $x_1(r,n)$ 和第二初始信号 $x_2(r,n)$ 相加得到第一过程信号 $x_0(r,n)$,并将第一初始信号 $x_1(r,n)$ 和第二初始信号 $x_2(r,n)$ 相减得到第二过程信号 $x_D(r,n)$ 。例如前置处理模块910的执行步骤可以包括:

[0085] 对第一原始信号 $x_1(t)$ 进行模数转换得到数字信号 $x_1(i)$,将 $x_1(i)$ 分帧处理,得到第一初始信号 $x_1(r,n)$;

[0086] 对第二原始信号 $x_2(t)$ 进行设定时长 τ 的延时处理得到信号 $x_2(t+\tau)$,并对经过延时处理后的第二原始信号 $x_2(t+\tau)$ 进行模数转换得到数字信号 $x_2(i+\tau)$,将 $x_2(i+\tau)$ 分帧处理,得到所述第二初始信号 $x_2(r,n)$;

[0087] 前置处理模块910执行的上述步骤中,对第一原始信号 $x_1(t)$ 进行模数转换以及对经过延时处理后的第二原始信号 $x_2(t+\tau)$ 进行模数转换的采样率设置为相同(可设置为16kHz),以及对第一原始信号 $x_1(i)$ 进行分帧处理以及对经过延时处理后的第二原始信号 $x_2(i+\tau)$ 进行分帧处理的帧长设置为相同(可设置为2ms)。

[0088] 自适应指向性模块920,配置成根据第一过程信号 $x_0(r,n)$ 和第二过程信号 $x_D(r,n)$ 确定自适应比例系数 $\alpha(n)$,例如自适应指向性模块920的执行步骤可以包括:

[0089] 对第一过程信号 $x_0(r,n)$ 进行高通整形滤波,得到信号 $x_0^S(r,n)$;分别计算第二过程信号 $x_D(r,n)$ 以及经过高通整形滤波的第一过程信号 $x_0^S(r,n)$ 的帧能量,得到第一能量值 $E(x_0(r,n))$ 和第二能量值 $E(x_0^S(r,n))$;对第一能量值 $E(x_0(r,n))$ 和第二能量值 $E(x_0^S(r,n))$ 进行比较,并根据比较结果确定自适应比例系数 $\alpha(n)$ 。

[0090] 频响补偿模块930,配置成对第一过程信号 $x_0(r,n)$ 和第二过程信号 $x_D(r,n)$ 分别进行频响补偿处理,得到第一频响补偿信号 $x_0^L(r,n)$ 和第二频响补偿信号 $x_D^H(r,n)$;将第一频响补偿信号 $x_0^L(r,n)$ 和第二频响补偿信号 $x_D^H(r,n)$ 相加得到第三过程信号 $y_D(r,n)$ 。对第一过程信号 $x_0^L(r,n)$ 进行低通滤波,以进行频响补偿;对第二过程信号 $x_D(r,n)$ 进行低通整形

滤波,以进行频响补偿。

[0091] 比例叠加模块940配置成对第一频响补偿信号 $x_0^L(r, n)$ 进行延时处理,得到第四过程信号 $y_0(r, n)$,利用自适应比例系数 $\alpha(n)$ 对第三过程信号 $y_D(r, n)$ 和第四过程信号 $y_0(r, n)$ 进行比例叠加运算 $y(r, n) = \alpha(n) \cdot y_D(r, n) + (1 - \alpha(n)) \cdot y_0(r, n)$,得到降噪后的输出信号 $y(r, n)$ 。

[0092] 本实施例的指向性传声器的降噪装置,尤其适用具有两个全向性传声器的听力装置中,在将两个传声器的原始信号进行数字处理,通过计算确定自适应比例系数,并且进行频响补偿后,利用自适应比例系数进行比例叠加,得到最终输出的降噪后的输出信号,从而提供平坦的频率响应,结合指向性的自适应处理改善听力装置的听觉舒适度。

[0093] 至此,本领域技术人员应认识到,虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例,但是,在不脱离本发明精神和范围的情况下,仍可根据本发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此,本发明的范围应被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

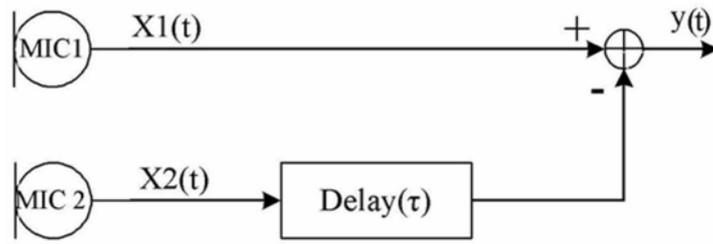


图1

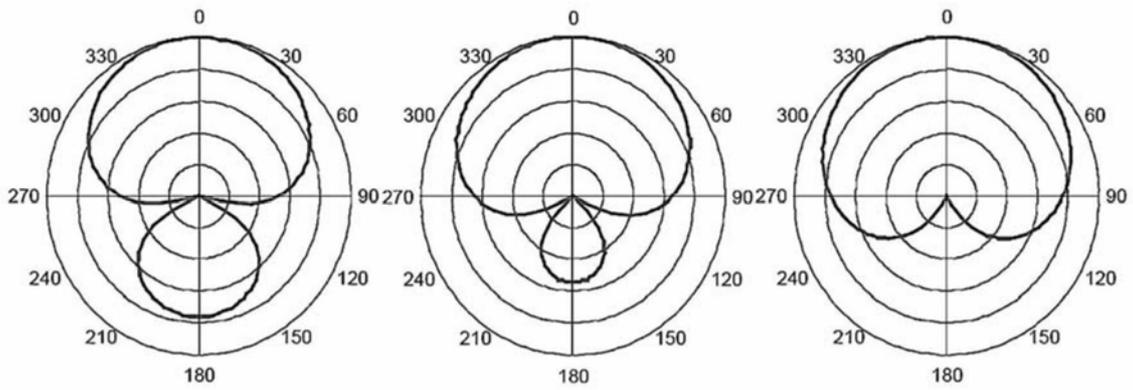


图2

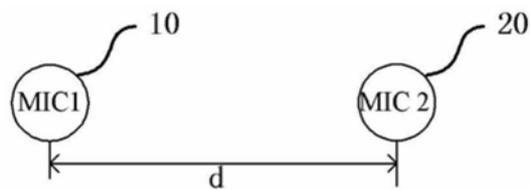


图3

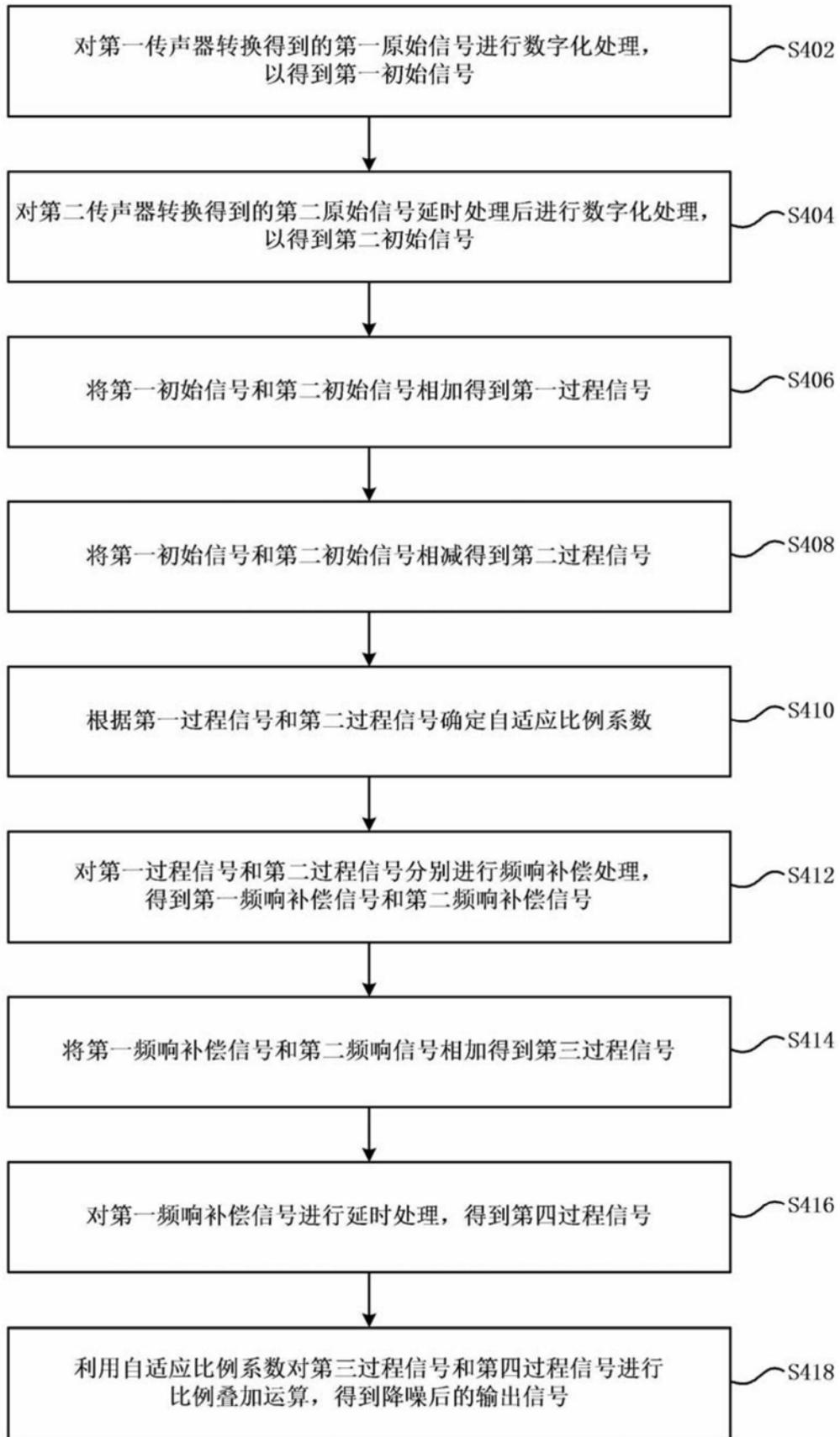


图4

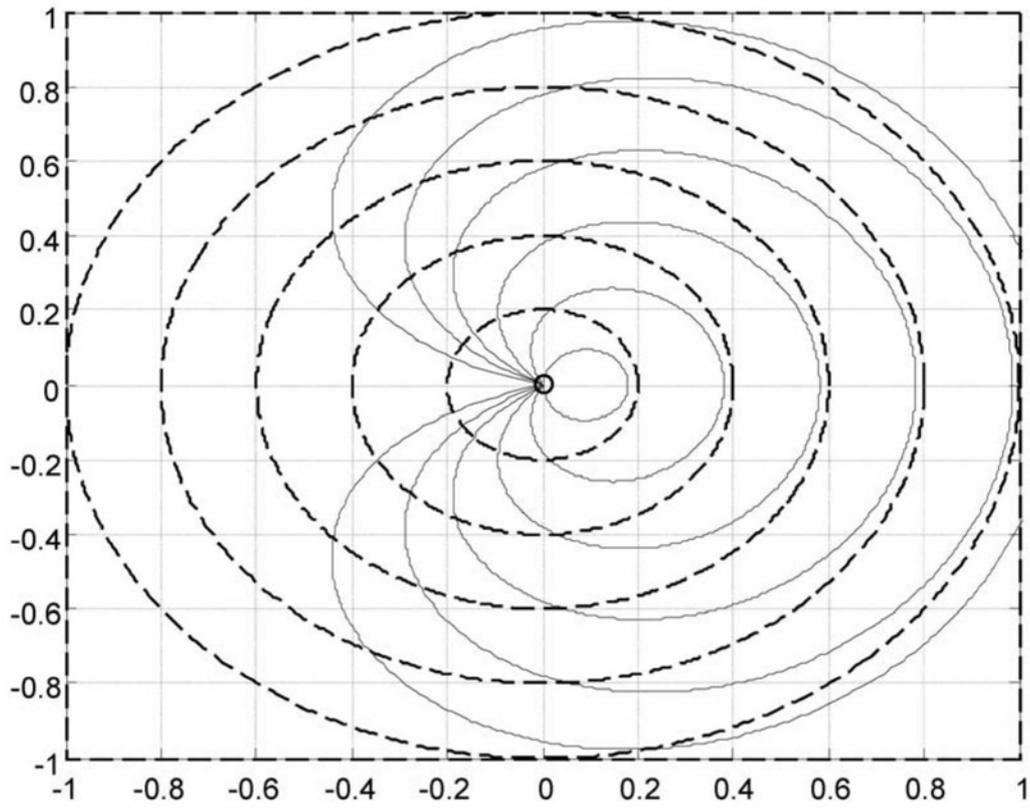


图5

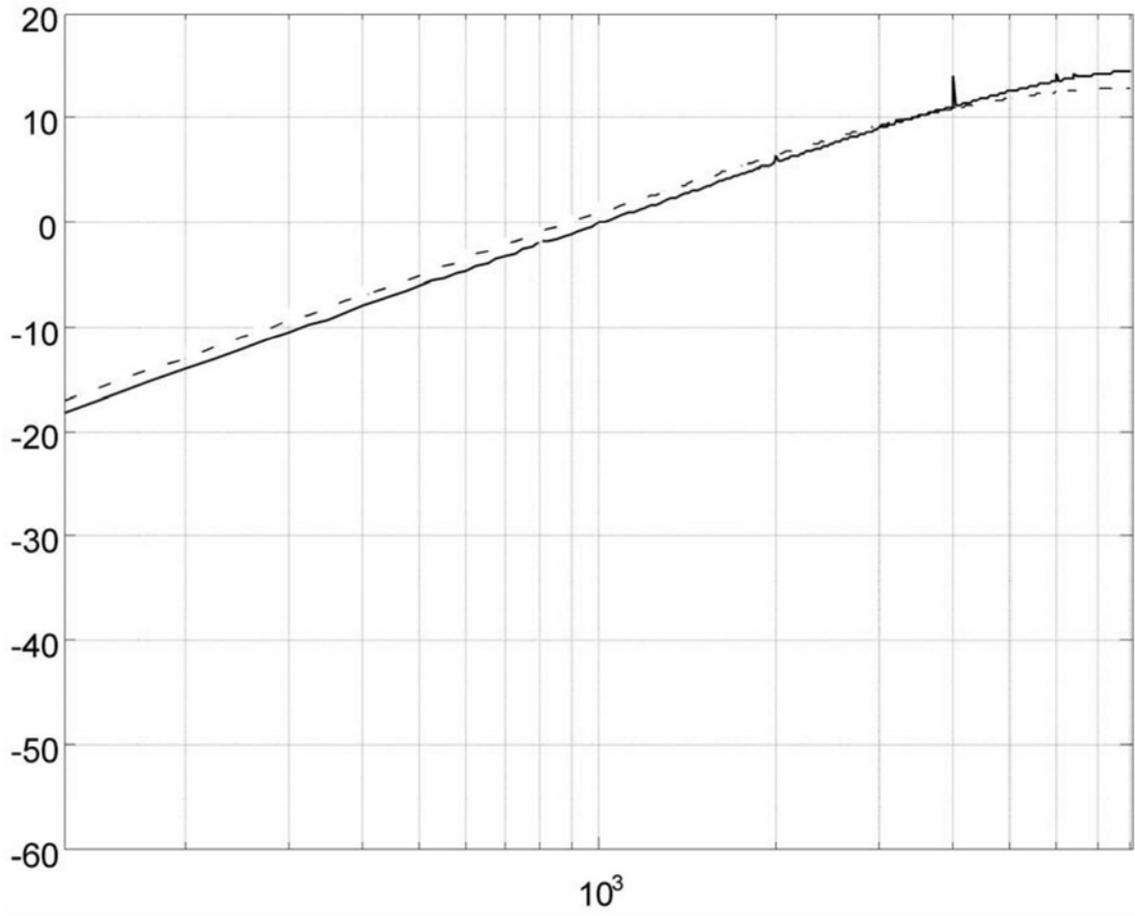


图6

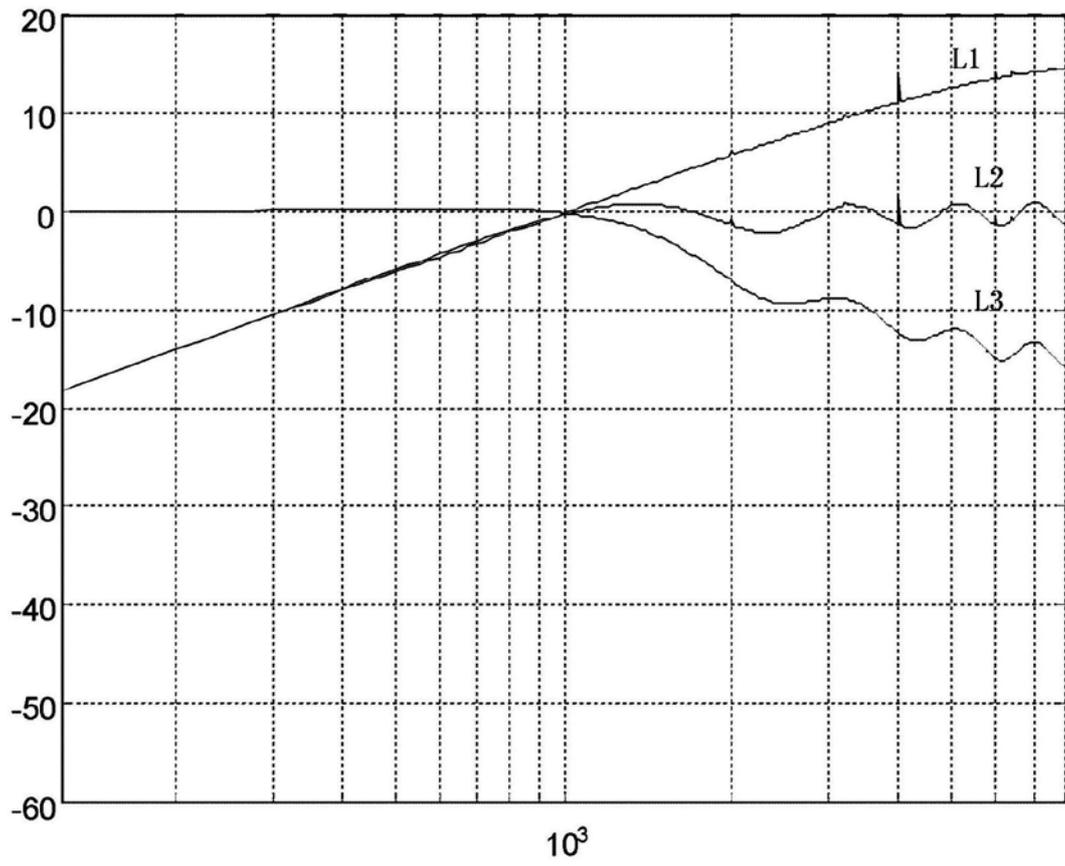


图7

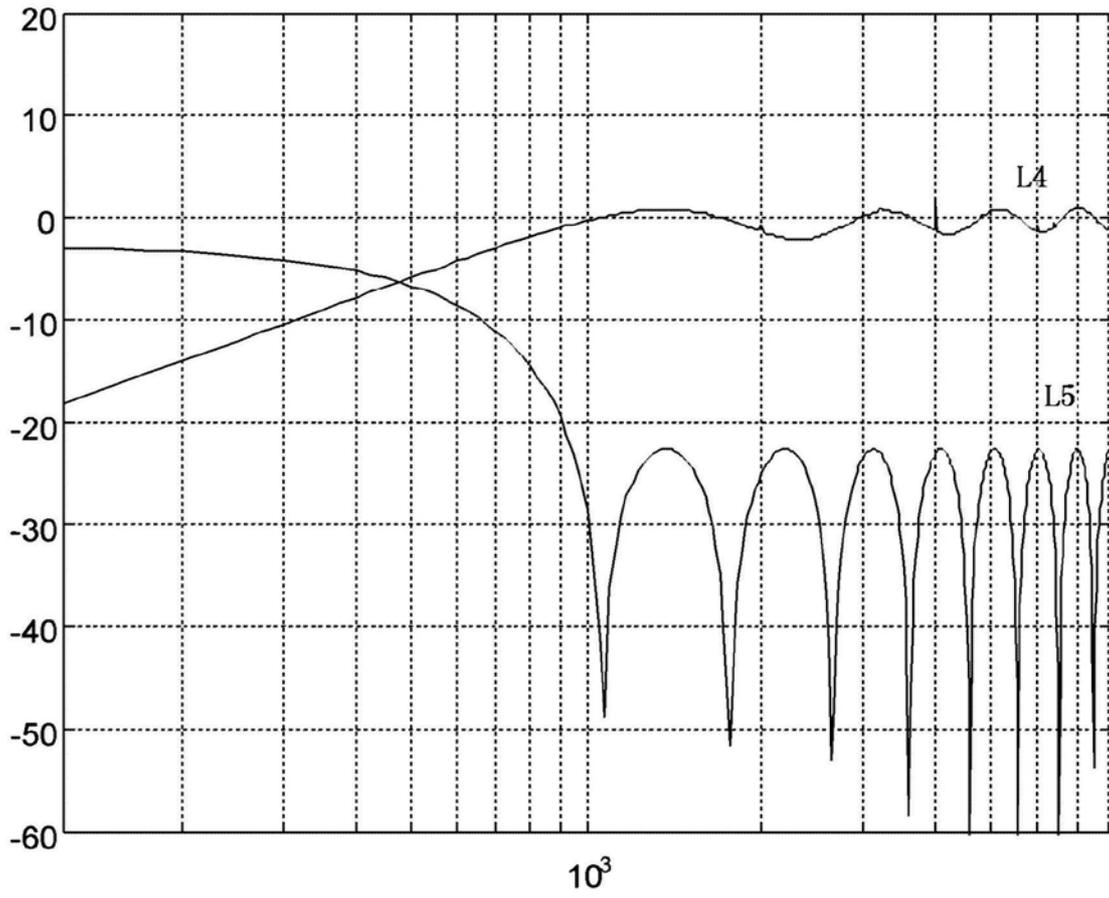


图8

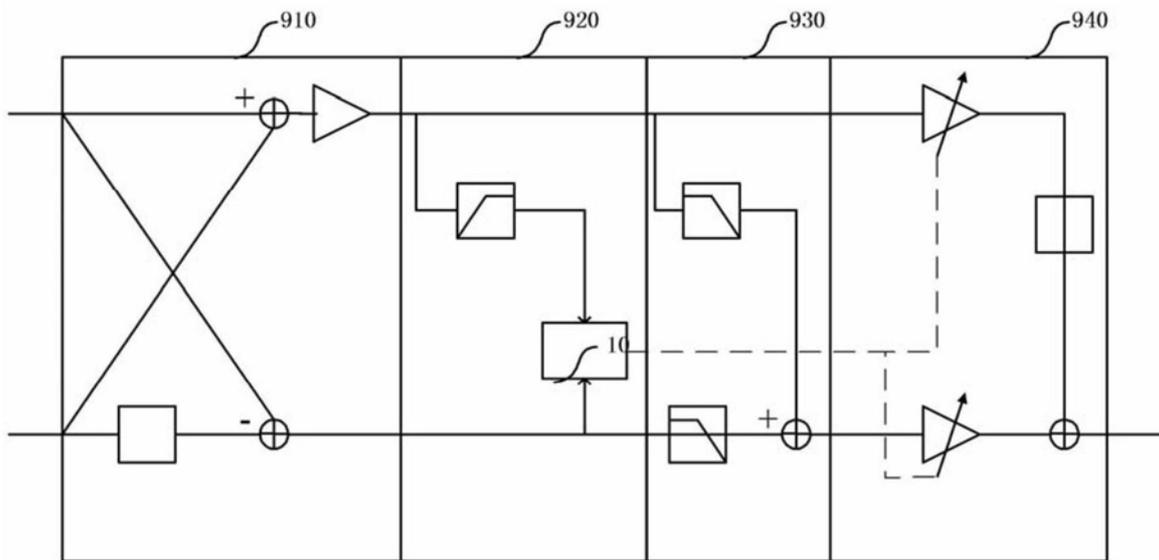


图9

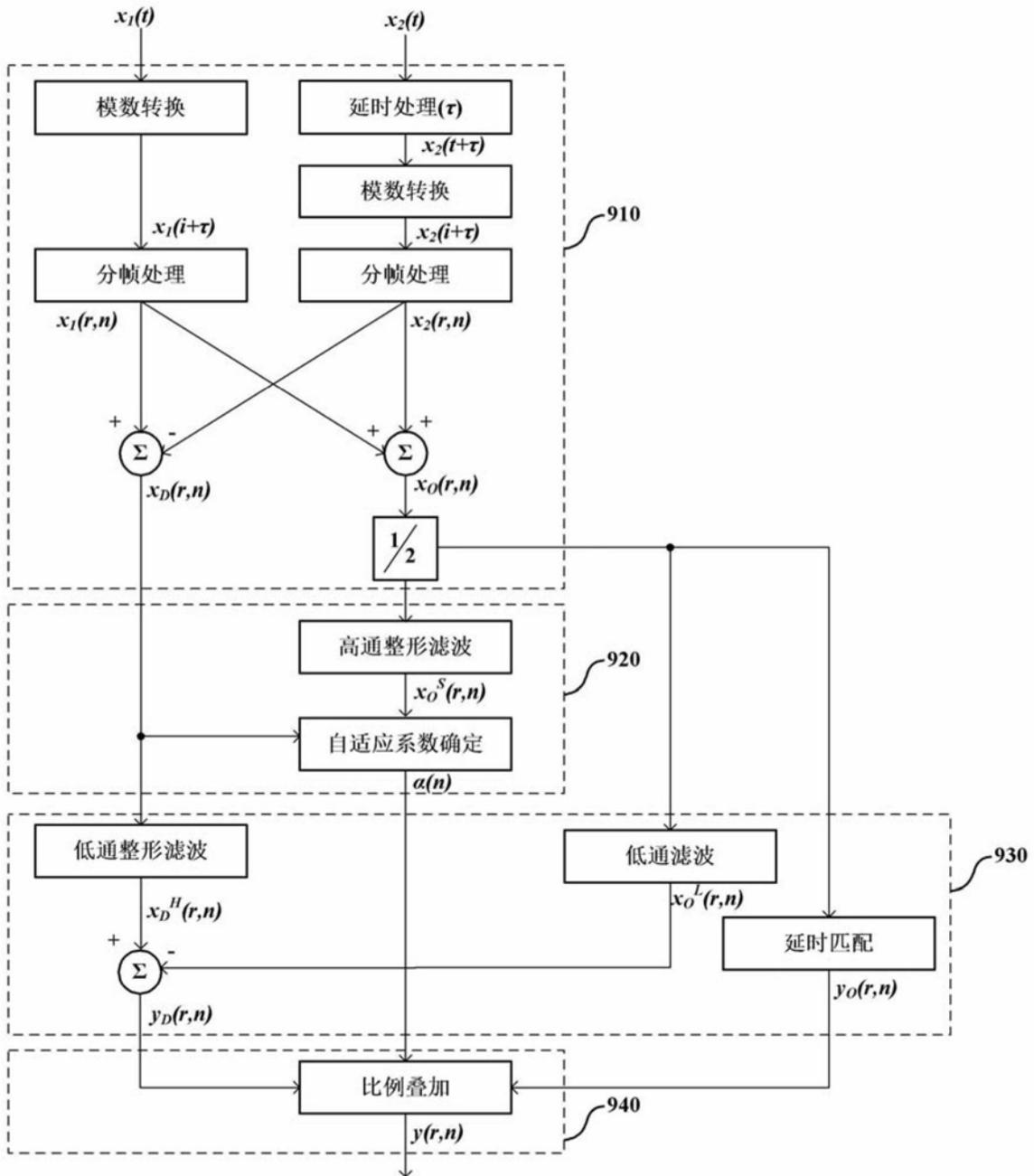


图10