



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101742382 A

(43) 申请公布日 2010.06.16

(21) 申请号 200910238545.5

(22) 申请日 2009.11.24

(71) 申请人 北京中星微电子有限公司  
地址 100083 北京市海淀区学院路 35 号世  
宁大厦 15 层

(72) 发明人 张晨

(74) 专利代理机构 北京同达信恒知识产权代理  
有限公司 11291

代理人 黄志华

(51) Int. Cl.

H04R 3/02(2006.01)

H04R 1/10(2006.01)

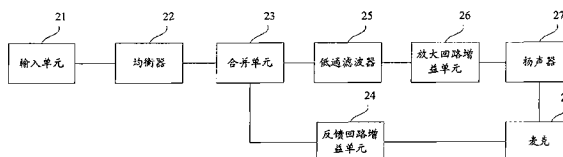
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 6 页

(54) 发明名称

一种主动噪声消除方法及耳机

(57) 摘要

本发明公开了一种主动噪声消除方法及耳机,用以在保证系统稳定的前提下,提高去噪能力,得到较高的信噪比。本发明提供的一种主动噪声消除方法包括:将输入负反馈放大电路的音频信号与所述负反馈放大电路的反馈信号进行合并,其中,所述反馈信号为将所述负反馈放大电路输出的音频信号和环境噪声的混合信号乘以所述负反馈放大电路的反馈回路增益后得到的信号;通过低通滤波器对所述合并后的信号进行滤波处理;将经过所述滤波处理后的信号乘以所述负反馈放大电路的放大回路增益后输出。



1. 一种主动噪声消除方法,其特征在于,该方法包括:

将输入负反馈放大电路的音频信号与所述负反馈放大电路的反馈信号进行合并,其中,所述反馈信号为将所述负反馈放大电路输出的音频信号和环境噪声的混合信号乘以所述负反馈放大电路的反馈回路增益后得到的信号;

通过低通滤波器对所述合并后的信号进行滤波处理;

将经过所述滤波处理后的信号乘以所述负反馈放大电路的放大回路增益后输出。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述负反馈放大电路输出的音频信号为:

$$X_o = \frac{AH}{1+AHF} a_i + \frac{1}{1+AHF} n_i$$

其中,所述  $X_o$  表示所述负反馈放大电路输出的音频信号, A 表示所述放大回路增益, H 表示所述低通滤波器的系统函数, F 表示所述反馈回路增益,  $a_i$  表示输入所述负反馈放大电路的音频信号,  $n_i$  表示所述环境噪声;并且,  $|AGF| \ll 1$

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,将输入所述负反馈放大电路的音频信号与所述负反馈放大电路的反馈信号进行合并的步骤包括:

通过均衡器对输入所述负反馈放大电路的音频信号进行均衡处理;

将经过所述均衡处理后的音频信号与所述反馈信号进行合并。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述负反馈放大电路输出的音频信号为:

$$X_o = \frac{EAH}{1+AHF} a_i + \frac{1}{1+AHF} n_i$$

其中,所述  $x_o$  表示所述负反馈放大电路输出的音频信号, E 表示均衡器的系统函数, A 表示所述放大回路增益, H 表示所述低通滤波器的系统函数, F 表示所述反馈回路增益,  $a_i$  表示输入所述负反馈放大电路的音频信号,  $n_i$  表示所述环境噪声;并且,  $\frac{EAH}{1+AHF} \rightarrow 1$ 。

5. 根据权利要求1至4任一权项所述的方法,其特征在于,所述低通滤波器为一阶电阻电容 RC 低通滤波器。

6. 一种主动噪声消除耳机,其特征在于,该耳机包括:

麦克,用于采集所述耳机的扬声器输出的音频信号和环境噪声的混合信号;

反馈回路增益单元,用于将所述混合信号乘以预先设置的反馈回路增益,得到反馈信号;

输入单元,用于将音频信号输入所述耳机;

合并单元,用于将所述输入单元输入的音频信号与所述反馈信号进行合并;

低通滤波器,用于对所述合并单元合并后的信号进行滤波处理;

放大回路增益单元,用于将经过所述滤波处理后的信号乘以预先设置的放大回路增益;

扬声器,用于输出所述放大回路增益单元处理后的音频信号。

7. 根据权利要求6所述的耳机,其特征在于,所述扬声器输出的音频信号为:

$$X_o = \frac{AH}{1+AHF} a_i + \frac{1}{1+AHF} n_i$$

其中,所述  $X_o$  表示所述扬声器输出的音频信号, A 表示所述放大回路增益, H 表示所述低通滤波器的系统函数, F 表示所述反馈回路增益,  $a_i$  表示所述输入单元输入的音频信号,

$n_i$  表示所述环境噪声 ; 并且,  $|AHF| \ll 1$ 。

8. 根据权利要求 6 所述的耳机, 其特征在于, 该耳机还包括:  
均衡器, 用于对所述输入单元输入的音频信号进行均衡处理;  
所述合并单元, 将经过所述均衡处理后的音频信号与所述反馈信号进行合开。
9. 根据权利要求 8 所述的耳机, 其特征在于, 所述扬声器输出的音频信号为:

$$X_o = \frac{EAH}{1+AHF} a_i + \frac{1}{1+AHF} n_i$$

其中, 所述  $X_o$  表示所述扬声器输出的音频信号,  $E$  表示所述均衡器的系统函数,  $A$  表示所述放大回路增益,  $H$  表示所述低通滤波器的系统函数,  $F$  表示所述反馈回路增益,  $a_i$  表示所述输入单元输入的音频信号,  $n_i$  表示所述环境噪声 ; 并且,  $\frac{EAH}{1+AHF} \rightarrow 1$ 。

10. 根据权利要求 6 至 9 任一权项所述的耳机, 其特征在于, 所述低通滤波器为一阶电阻电容 RC 低通滤波器。

## 一种主动噪声消除方法及耳机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及音频处理技术领域,尤其涉及一种主动噪声消除方法及耳机。

### 背景技术

[0002] 一般耳机的降噪技术可以分为主动噪声消除技术(ANC, Active Noise Cancellation)和被动噪声消除技术。

[0003] 被动噪声消除的原理如图1所示,被动噪声消除技术通过隔音材料来降低噪声,由于低频信号波长较长,穿透力较强,因此被动噪声消除技术主要消除高频噪声。

[0004] 主动噪声消除技术主要消除低于1千赫兹(KHz)的低频噪声。主动噪声消除的原理如图2所示,通过麦克风采集背景噪声信号,通过对该信号分析,产生一个等幅度反相的反噪声信号,将反噪声信号通过扬声器播出,在空气中反噪声信号和噪声信号相叠加,就会降低背景噪声幅度,从而起到抗噪声的作用。

[0005] 一般主动噪声消除的实现有前馈式(feedforward)和反馈式(feedback)两种方式。由于耳机内部腔体很小,所以通常选用反馈式方式进行噪声消除,对应耳机结构如图3所示,可以看出,反馈式主动噪声消除耳机实际上是一个负反馈放大器,其中,放大回路增益为A,反馈回路增益为F。负反馈放大电路示意图如图4所示,根据负反馈放大电路原理,输入输出的闭环关系式为:

$$[0006] \quad X_o = \frac{A}{1+AF} X_i \dots \dots \text{公式 (1)}$$

[0007] 其中,  $X_i$  表示输入信号,  $X_o$  表示输出信号。

[0008] 对于主动噪声消除耳机电路来说,信号  $a$  是输入信号,扬声器播出的  $x_o$  是输出信号,  $x_o$  与环境噪声  $n$  组成反馈回路的输入信号。因此,模拟 ANC 控制器的输入输出的闭环关系式为:

$$[0009] \quad X_o = \frac{A}{1+AF} a_i + \frac{1}{1+AF} n_i \dots \dots \text{公式 (2)}$$

[0010] 当整个环路增益比较大时,即当  $|AF| \gg 1$  时,有:

$$[0011] \quad X_o = \frac{1}{F} a_i + \frac{1}{AF} n_i \dots \dots \text{公式 (3)}$$

[0012] 由公式(3)可见,提高输出增益A,可以起到抑制环境噪声  $n$  的作用,同时有用的信号  $a$  不受影响,这样就可以提高耳机腔体内的信噪比,且信噪比的改善和增益A成正比。

[0013] 一般来说,主动噪声消除耳机装置中的A和F都是和频率相关的,在中低频率有稳定的增益和较小的附加相移。因此,系统稳定的工作范围也是在中低频率。这也是主动噪声消除技术主要消除中低频噪声的原因。

[0014] 但是,由于在中高频率,系统回路的附加相移较大,容易引起系统的自激振荡,因此,现有技术中往往通过降低增益A来保证系统的稳定,然而这样就不能实现较高的信噪比,从而降低了噪声消除的能力。

## 发明内容

[0015] 本发明实施例提供了一种主动噪声消除方法及耳机,用以在保证系统稳定的前提下,提高去噪能力,得到较高的信噪比。

[0016] 本发明实施例提供了一种主动噪声消除方法包括:

[0017] 将输入负反馈放大电路的音频信号与所述负反馈放大电路的反馈信号进行合并,其中,所述反馈信号为将所述负反馈放大电路输出的音频信号和环境噪声的混合信号乘以所述负反馈放大电路的反馈回路增益后得到的信号;

[0018] 通过低通滤波器对所述合并后的信号进行滤波处理;

[0019] 将经过所述滤波处理后的信号乘以所述负反馈放大电路的放大回路增益后输出。

[0020] 本发明实施例提供了一种主动噪声消除耳机包括:

[0021] 麦克,用于采集所述耳机的扬声器输出的音频信号和环境噪声的混合信号;

[0022] 反馈回路增益单元,用于将所述混合信号乘以预先设置的反馈回路增益,得到反馈信号;

[0023] 输入单元,用于将音频信号输入所述耳机;

[0024] 合并单元,用于将所述输入单元输入的音频信号与所述反馈信号进行合并;

[0025] 低通滤波器,用于对所述合并单元合并后的信号进行滤波处理;

[0026] 放大回路增益单元,用于将经过所述滤波处理后的信号乘以预先设置的放大回路增益;

[0027] 扬声器,用于输出所述放大回路增益单元处理后的音频信号。

[0028] 本发明实施例,将输入负反馈放大电路的音频信号与所述负反馈放大电路的反馈信号进行合并,其中,所述反馈信号为将所述负反馈放大电路输出的音频信号和环境噪声的混合信号乘以所述负反馈放大电路的反馈回路增益后得到的信号;通过低通滤波器对所述合并后的信号进行滤波处理;将经过所述滤波处理后的信号乘以所述负反馈放大电路的放大回路增益后输出,从而在保证系统稳定的前提下,提高了去噪能力,得到较高的信噪比。

## 附图说明

[0029] 图 1 为现有技术中的被动噪声消除示意图;

[0030] 图 2 为现有技术中的主动噪声消除原理示意图;

[0031] 图 3 为现有技术中的反馈式主动噪声消除耳机结构示意图;

[0032] 图 4 为现有技术中的负反馈放大电路示意图;

[0033] 图 5 为本发明实施例提供的负反馈电路稳定性分析示意图;

[0034] 图 6 为本发明实施例提供的增加了低通滤波器的反馈式主动噪声消除耳机结构示意图;

[0035] 图 7 为本发明实施例提供的增加了低通滤波器的反馈式主动噪声消除耳机的工作原理示意图;

[0036] 图 8 为本发明实施例提供的一阶电阻电容 (RC) 低通电路示意图;

[0037] 图 9 为本发明实施例提供的一阶 RC 低通滤波器幅频特性曲线示意图;

[0038] 图 10 为本发明实施例提供的主动噪声消除耳机的去噪效果曲线示意图;

[0039] 图 11 为本发明实施例提供的增加了低通滤波器和均衡器后的反馈式主动噪声消除耳机结构示意图；

[0040] 图 12 为本发明实施例提供的增加了低通滤波器和均衡器后的反馈式主动噪声消除耳机的工作原理示意图；

[0041] 图 13 为本发明实施例提供的信号高频部分被衰减的示意图；

[0042] 图 14 为本发明实施例提供的增加均衡器后的系统闭环输出的信号频谱示意图；

[0043] 图 15 为本发明实施例提供的一种主动噪声消除方法的流程示意图。

## 具体实施方式

[0044] 本发明实施例提供了一种新的主动噪声消除方法及耳机，在保证系统稳定的前提下，大大提高了耳机对低频噪声的消除能力，同时不影响信号质量，使得主动噪声消除耳机实现了抗噪强、音质高的目标。

[0045] 本发明实施例提供的一种新的主动噪声消除方案，基于反馈式主动噪声消除技术，在图 3 所示的负反馈放大电路的环路中增加低通滤波器，使得整个系统在保证稳定的前提下，可以大大提高低频噪声的消除能力。进一步，在信号输入端增加均衡器，使得信号通过系统时不产生失真，从而保证了信号的质量。从而使得这种主动噪声消除的耳机装置实现了抗噪强、音质高的效果。

[0046] 下面结合附图对本发明实施例提供的技术方案进行说明。

[0047] 参见图 5，首先，对负反馈放大电路的稳定性进行分析。

[0048] 负反馈放大电路不稳定的原因是自激振荡，产生自激振荡的条件是环路增益  $AF = -1$ ，其中 A 表示负反馈放大电路的放大回路增益，F 表示负反馈放大电路的反馈回路增益。

[0049] 环路增益  $AF = -1$  这个条件，实际包括了两个条件，即：

[0050] 幅值条件： $|AF| = 1$ ；

[0051] 相位条件：附加相移 = 180 度。

[0052] 当幅值条件和相位条件同时满足时，负反馈放大电路就会产生自激振荡，在附加相移为 180 度，并且  $|AF| > 1$  时，更容易产生自激振荡。因此，负反馈放大电路稳定工作的条件为：

[0053] (1) 当  $|AF| = 1$  时，附加相移  $< 180$  度，

[0054] 或者，

[0055] (2) 当附加相移 = 180 度时， $|AF| < 1$ 。

[0056] 假设  $f_0$  是附加相移 = 180 度时对应的频率， $f_c$  是  $|AF| = 1$  时对应的频率，则可推出负反馈电路稳定工作的条件是： $f_0 > f_c$ ，如图 5 所示。

[0057] 上述负反馈放大电路稳定工作的条件是临界条件，一般来说，需要有一定的稳定裕度，稳定裕度可以从增益裕度或相位裕度来说明。

[0058] (1) 增益裕度：定义  $f = f_0$  时所对应的  $|AF|$  为增益裕度  $G_m$ ，稳定的负反馈放大电路的  $G_m$  不仅要求  $G_m < 0$  分贝 (dB)，且要求  $G_m \leq -10$ dB 时才能保证负反馈放大电路有足够的增益裕度。其中， $G_m = 20 \log(|AF|)$ ， $G_m$  是  $AF$  的 dB 表示，所以当  $|AF| < 1$  时， $G_m < 0$ 。

[0059] (2) 相位裕度：定义  $f = f_c$  时的附加相移与  $180^\circ$  的差值为相位裕度  $j_m$ ，稳定的

负反馈放大电路的  $j\omega > 0$ , 且要求  $j\omega \geq 45^\circ$  时才能保证负反馈放大电路有足够的相位裕度。

[0060] 主动噪声消除耳机装置中的放大回路增益 A 和反馈回路增益 F 都是和频率相关的, 在中高频有较大的附加相移, 当此附加相移使系统的相位裕度不足时, 就容易产生自激振荡, 现有技术中只能通过降低放大回路增益 A 来避免系统不稳定。

[0061] 根据以上分析, 本发明实施例提供的一种噪声消除耳机在图 3 所示的现有反馈式主动噪声消除系统中增加低通滤波器, 如图 6 所示, 具体包括:

[0062] 输入单元 11, 用于将音频信号输入所述耳机。

[0063] 合并单元 12, 用于将所述输入单元 11 输入的音频信号与反馈回路增益单元 13 输出的反馈信号进行合并。

[0064] 反馈回路增益单元 13, 用于将麦克 17 采集的混合信号乘以预先设置的反馈回路增益, 得到反馈信号。其中, 所述混合信号, 为耳机的扬声器 16 输出的音频信号和环境噪声的混合信号。

[0065] 低通滤波器 14, 用于对所述合并单元 12 合并后的信号进行滤波处理。

[0066] 放大回路增益单元 15, 用于将经过所述滤波处理后的信号乘以预先设置的放大回路增益。

[0067] 扬声器 16, 用于输出所述放大回路增益单元 15 处理后的音频信号。

[0068] 麦克 17, 用于采集所述耳机的扬声器 16 输出的音频信号和环境噪声的混合信号。

[0069] 本发明实施例提供的图 6 所示的噪声消除耳机的工作原理如图 7 所示。本发明实施例中增加的低通滤波器 14 所起的作用就是在容易发生振荡的频率范围压缩增益, 在相位裕度充足的地方提高增益。由于对于负反馈放大电路来说, 低频区域相位裕度较大, 高频区域相位裕度较小, 因此, 本发明实施例在负反馈放大电路中增加了一个低通滤波器。

[0070] 考虑到低通滤波器也会给系统带来一定的延时, 即增加系统的附加相移, 因此, 本发明实施例的低通滤波器采用一阶 RC 低通滤波器, 用 RC 电路和运算放大器实现, 一阶 RC 低通电路如图 8 所示, 该 RC 电路组成的低通滤波器的截止频率为:

$$[0071] \quad f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

[0072] 可见, 截止频率由电阻  $R_1$  和电容  $C_1$  决定, 因此只需要根据系统要求的截止频率设定电阻  $R_1$  和电容  $C_1$  的值即可, 一阶 RC 低通滤波器的幅频特性曲线如图 9 所示。

[0073] 低通滤波器 14 的截止频率的确定, 需要根据整个系统的稳定性分析得出。对于本发明实施例提供的低通滤波器, 如果截止频率低, 则系统稳定性加强, 但噪声消除的频段被压缩, 降低了去噪能力; 如果截止频率高, 则噪声消除的频段拉宽, 提高了去噪能力, 但是也增加了高频区域发生自激振荡的风险。本发明实施例中提供的低通滤波器 14 的截止频率可以在 500Hz 至 1KHz 这个范围内。

[0074] 因此, 需要预先测试在不加入低通滤波器 14 时, 负反馈放大电路系统在各个频率点所能承受的临界增益值, 该临界增益值为恰好不发生自激振荡的临界增益值, 将各个频率点的临界增益值连成一条曲线, 得到临界增益曲线, 则低通滤波器 14 的幅频特性曲线, 要能包住临界增益曲线, 才能使得整个系统不会在任何频率点上发生自激振荡。

[0075] 为了能在保持稳定的前提下, 尽量提高噪声消除的能力, 则需要设计低通滤波器

14 的幅频特性曲线尽量接近临界增益曲线。

[0076] 假设,设计好的低通滤波器 14 的系统函数为 H,参见图 7,则改进后的系统输入输出闭环关系式为:

$$[0077] \quad X_o = \frac{AH}{1+AHF} a_i + \frac{1}{1+AHF} n_i \dots \dots \text{公式 (4)}$$

[0078] 其中,  $X_o$  表示扬声器输出的音频信号,  $a_i$  表示输入单元 11 输入的音频信号,  $n_i$  表示环境噪声, A 表示放大回路增益, F 表示反馈回路增益。

[0079] 当  $|AHF| \ll 1$  时,即当  $|AHF|$  远远大于 1 时,有:

$$[0080] \quad X_o = \frac{1}{F} a_i + \frac{1}{AHF} n_i \dots \dots \text{公式 (5)}$$

[0081] 由此可见,采用本发明实施例提供的图 6 所示的耳机装置去测试噪声消除的能力,环境噪声为扫频信号,不加入信号。记录各个频率点接收到的噪声幅度,并连成曲线,得到的主动噪声消除耳机的去噪效果曲线如图 10 所示。

[0082] 从图 10 可以看出,本发明实施例提供的图 6 所示的主动噪声消除耳机装置,对于低频噪声具有很强的去噪能力,可以达到 20 分贝 (dB),而在高频区域,仍然可以保持系统稳定。

[0083] 下面介绍一下本发明实施例是如何改进信号质量的,如图 11 所示,本发明实施例提供的增加了均衡器和低通滤波器的主动噪声消除耳机包括:

[0084] 输入单元 21,用于将音频信号输入耳机。

[0085] 均衡器 22,用于对所述输入单元 21 输入的音频信号进行均衡处理。

[0086] 合并单元 23,用于将经过所述均衡器 22 均衡处理后的音频信号与反馈回路增益单元 24 输出的反馈信号进行合并。

[0087] 反馈回路增益单元 24,用于将麦克 28 采集的混合信号乘以预先设置的反馈回路增益,得到反馈信号。其中,所述混合信号,为耳机的扬声器 27 输出的音频信号和环境噪声的混合信号。

[0088] 低通滤波器 25,用于对所述合并单元 23 合并后的信号进行滤波处理。

[0089] 放大回路增益单元 26,用于将经过所述滤波处理后的信号乘以预先设置的放大回路增益。

[0090] 扬声器 27,用于输出所述放大回路增益单元 26 处理后的音频信号。

[0091] 麦克 28,用于采集所述耳机的扬声器 27 输出的音频信号和环境噪声的混合信号。

[0092] 图 11 所示的耳机装置的工作原理如图 12 所示。根据公式 (4) 可知扬声器 27 输出的信号  $X_o$  在抑制噪声  $n_i$  的同时,在一定程度上也造成了输入单元 21 的输入信号  $a_i$  的失真。信号  $a_i$  的失真主要容易发生在高频区域,因为公式 (4) 等效于公式 (5) 的条件是:  $|AHF| \ll 1$ 。

[0093] 对于高频区域,由于临界增益较低,因此系统设置的增益值也较低,即 AH 值较小,因此,  $|AHF| \ll 1$  并不能满足。

[0094] 在较高频率,当  $|AHF| \ll 1$  时,公式 (4) 等价于:

$$[0095] \quad X_o = AGa_i + n_i \dots \dots \text{公式 (6)}$$



[0096] 可见,  $a_i$  受到 A 和 H 的影响, 由于 A 和 H 都是和频率相关的, 因而  $a_i$  就容易产生频率失真。特别是采用了低通滤波器之后, 由于 H 是低通滤波器的系统函数, 因此  $a_i$  的高频损失严重。

[0097] 假设采用扫频信号作为输入单元 21 输入的信号, 则当不加入环境噪声, 不增加均衡器 22 时的主动噪声消除耳机输出的信号如图 13 所示。因此, 本发明实施例提供的技术方案, 在信号输入端增加均衡器 22, 均衡器 22 所起的作用是调整输入单元 21 输入的信号的各个频率成分的增益。均衡器 22 若能够补偿原系统对输入信号频率的失真, 则可以有效地保证输入信号的质量。

[0098] 根据公式 (4) 可知, 假设均衡器 22 的系统函数为 E, 如图 11 所示, 增加了均衡器 22 后的整个耳机装置的闭环输入输出关系式为:

$$[0099] \quad X_o = \frac{EAH}{1+AHF} a_i + \frac{1}{1+AHF} n_i \dots \dots \text{公式 (7)}$$

[0100] 因此, 当根据保证系统稳定和最大化消除噪声两个指标确定参数 A、H、F 后, 只需要设计相应的均衡器, 使得  $\frac{EAH}{1+AHF}$  趋向于 1 即可, 即满足  $\frac{EAH}{1+AHF} \rightarrow 1$ 。

[0101] 假设采用扫频信号作为输入单元 21 输入的信号, 增加均衡器 22 的主动噪声消除耳机输出的信号如图 14 所示, 可以看出, 输出信号的幅频特性基本恢复平坦, 信号失真很小, 从而保证了信号质量。

[0102] 参见图 15, 本发明实施例提供了一种主动噪声消除方法包括步骤:

[0103] S101、通过均衡器对输入负反馈放大电路的音频信号进行均衡处理。

[0104] S102、将经过均衡处理后的音频信号与负反馈放大电路的反馈信号进行合并。

[0105] 其中, 所述反馈信号为将负反馈放大电路输出的音频信号和环境噪声的混合信号乘以负反馈放大电路的反馈回路增益后得到的信号。

[0106] S103、通过低通滤波器对合并后的信号进行滤波处理。

[0107] S104、将经过滤波处理后的信号乘以负反馈放大电路的放大回路增益后输出。

[0108] 综上所述, 本发明实施例提出了一种新的主动噪声消除耳机装置的设计方案, 基于反馈式主动噪声消除技术, 在负反馈放大电路的环路中增加滤波器, 使得整个系统在保证稳定的前提下, 可以大大提高低频噪声的消除能力。同时, 在信号输入端增加均衡器, 使得信号通过系统时不产生失真, 从而保证了信号的质量。从而使得这种主动噪声消除耳机实现了抗噪强、音质高的目标。

[0109] 显然, 本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样, 倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内, 则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

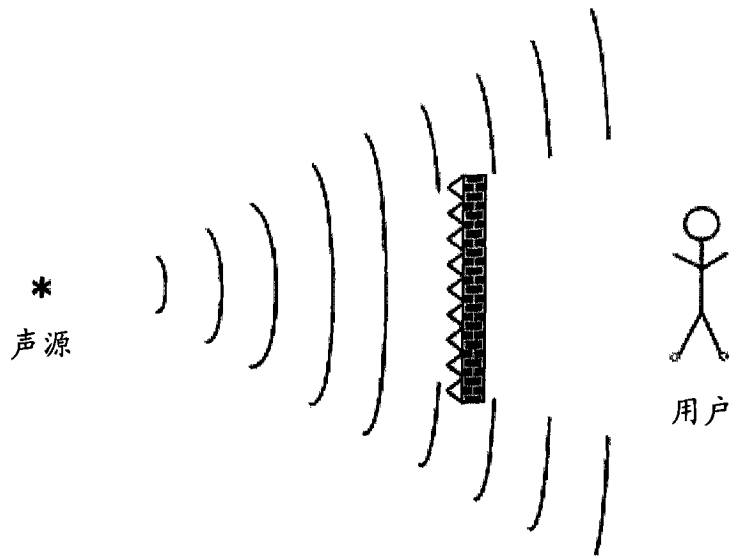


图 1

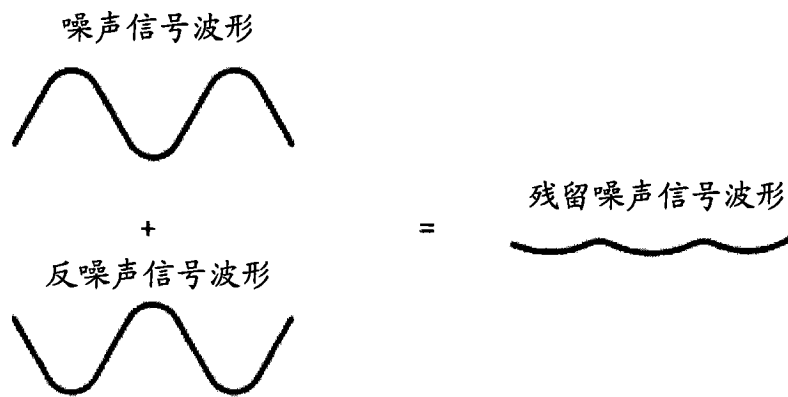


图 2

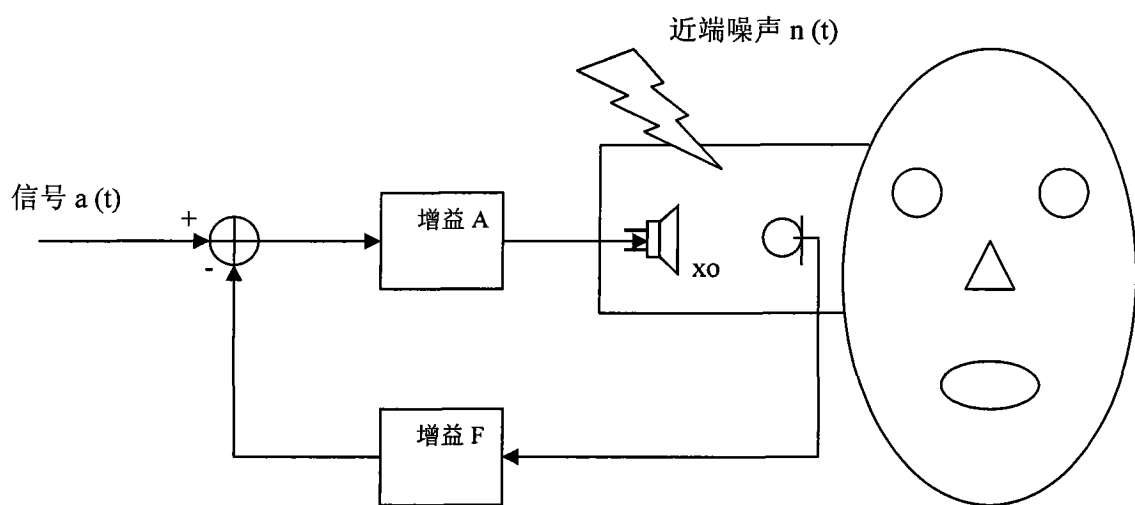


图 3

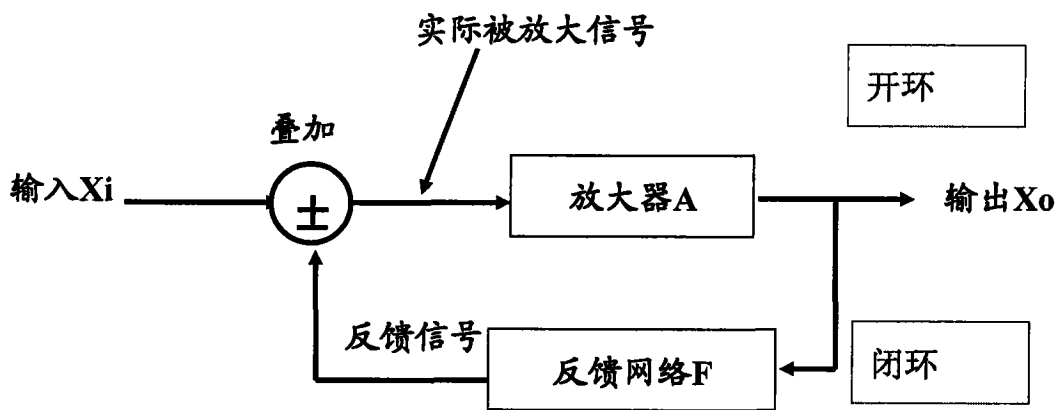


图 4

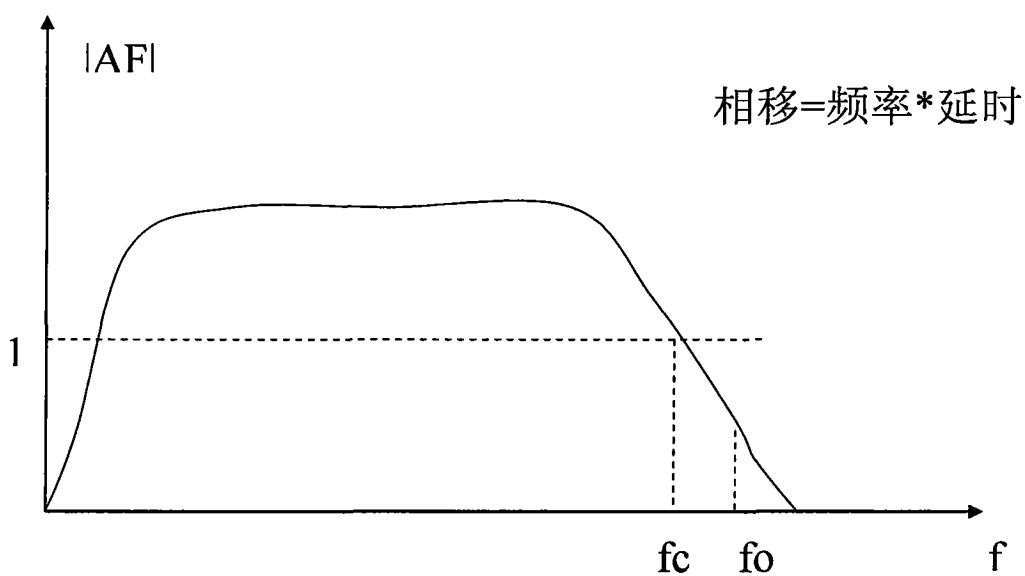


图 5

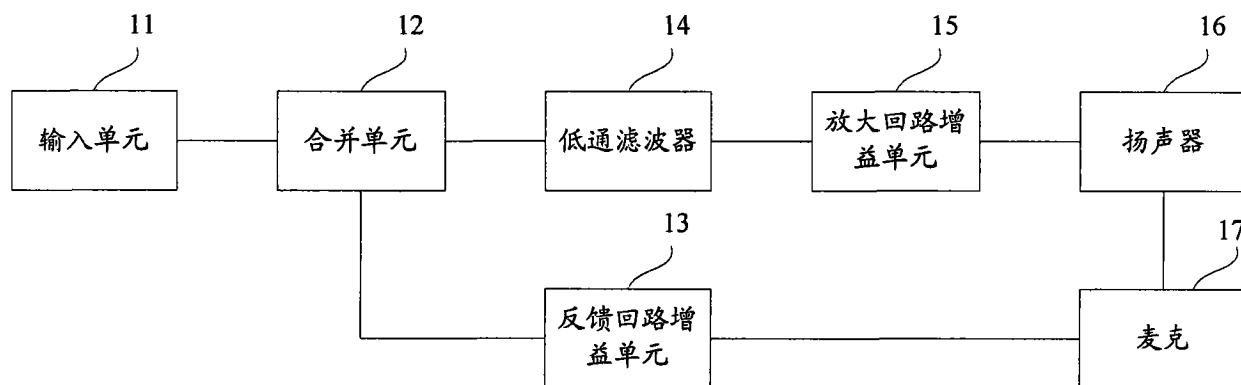


图 6

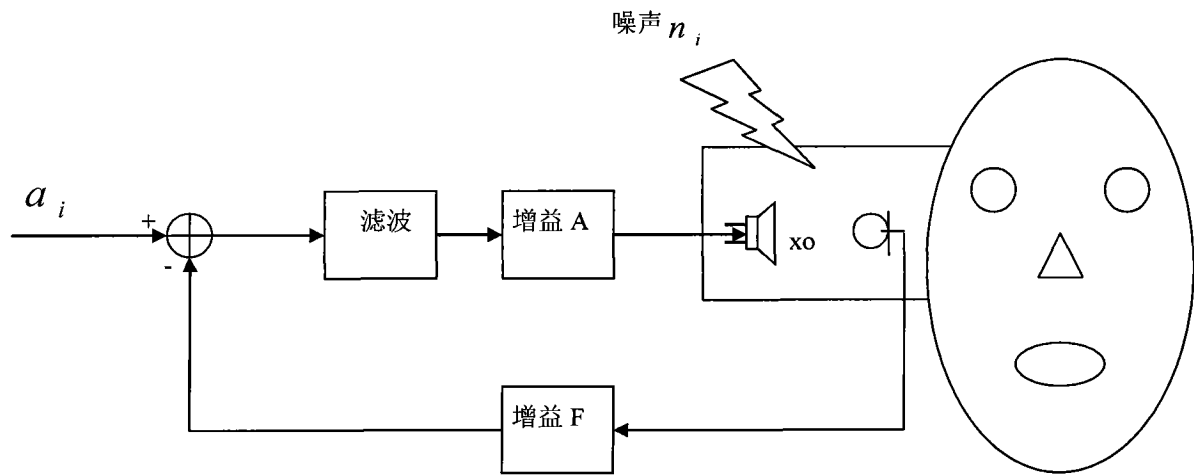


图 7

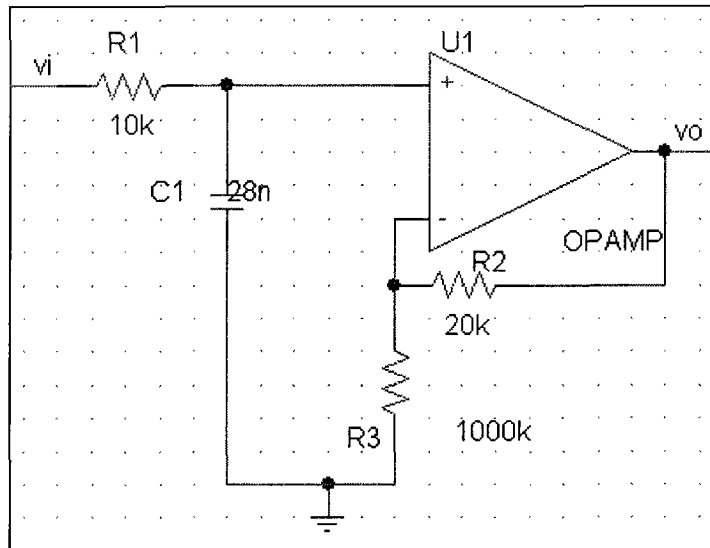


图 8

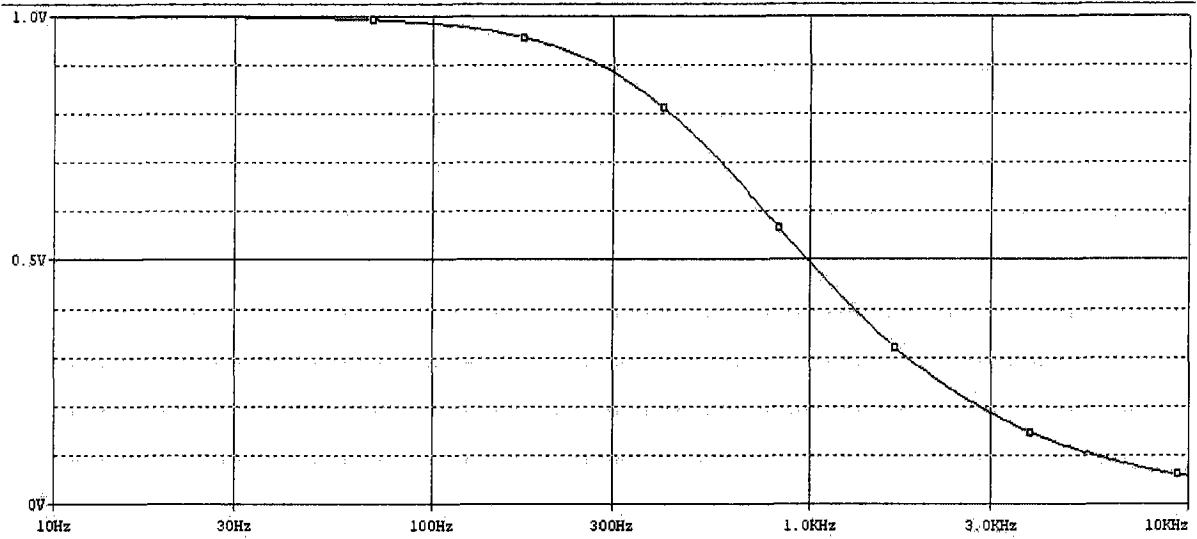


图 9

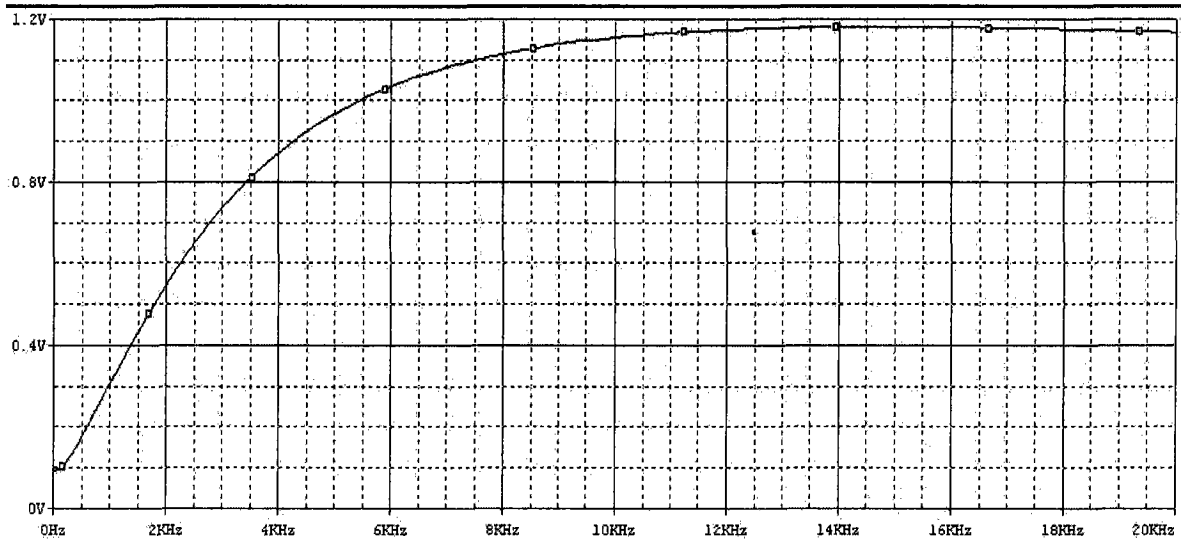


图 10

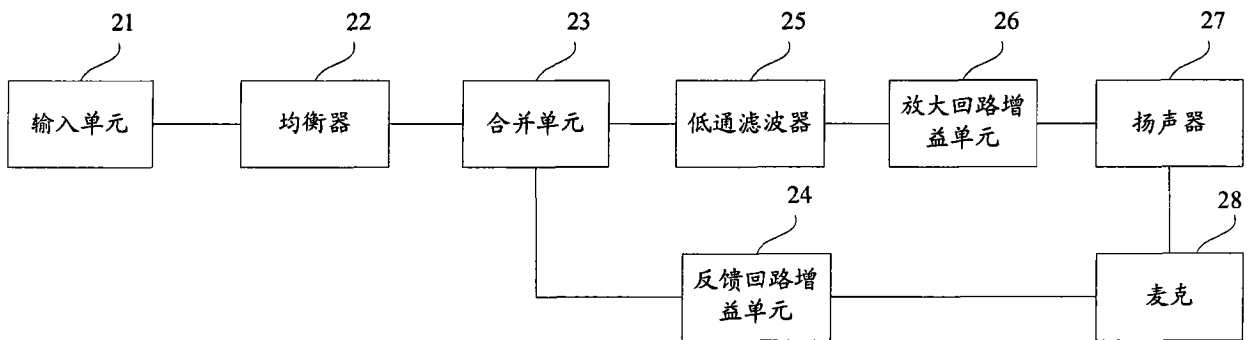


图 11

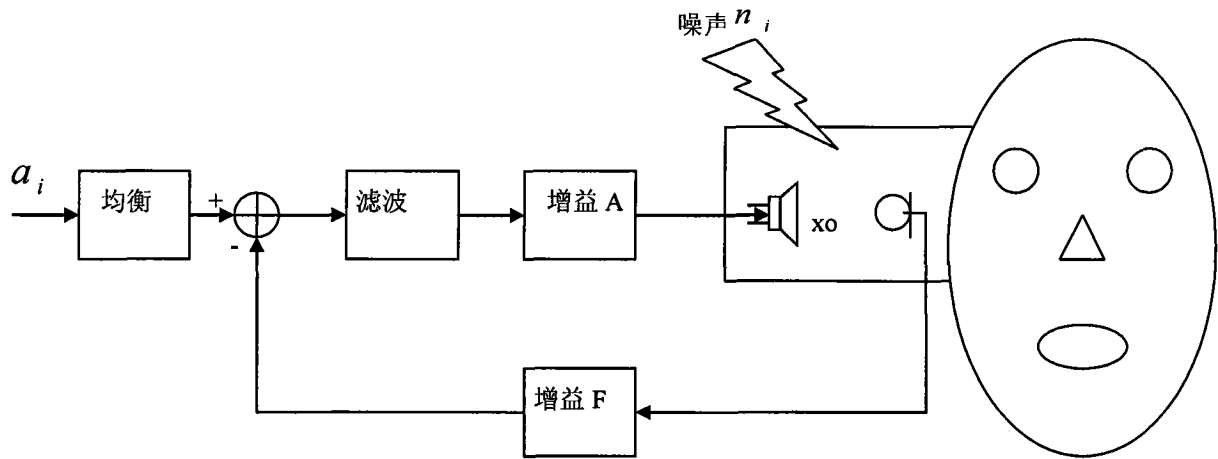


图 12

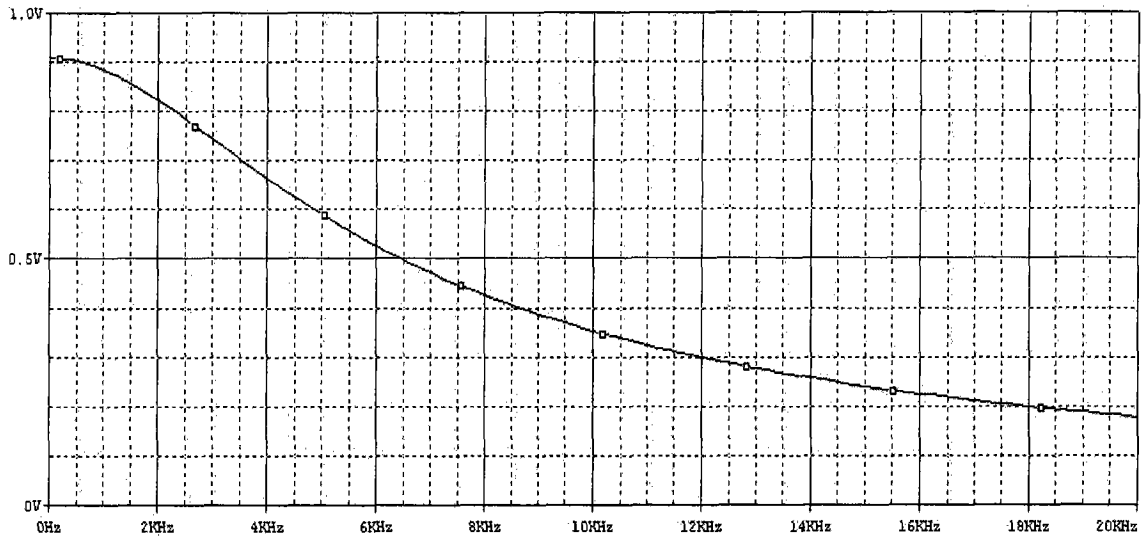


图 13

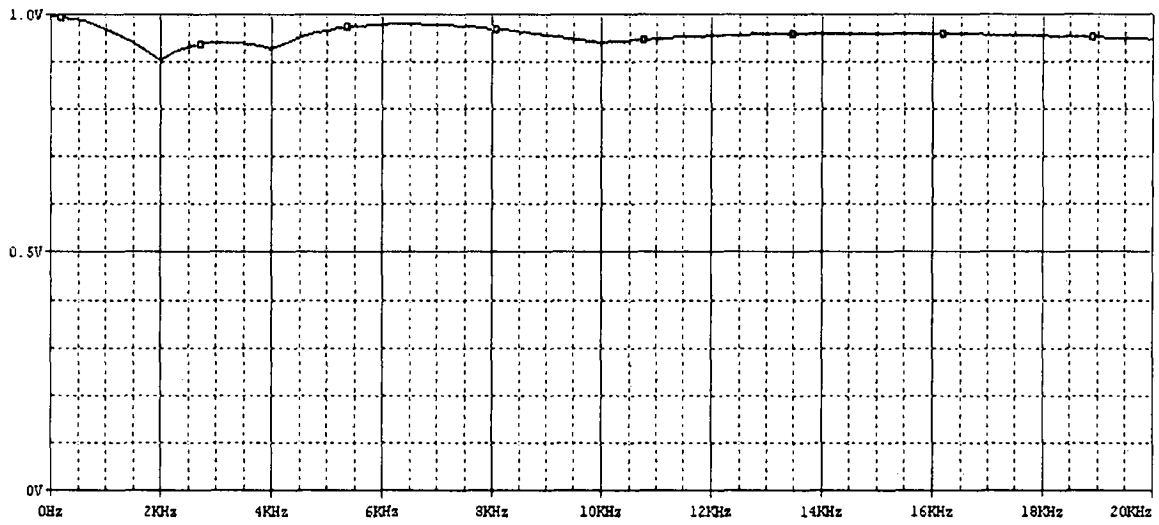


图 14

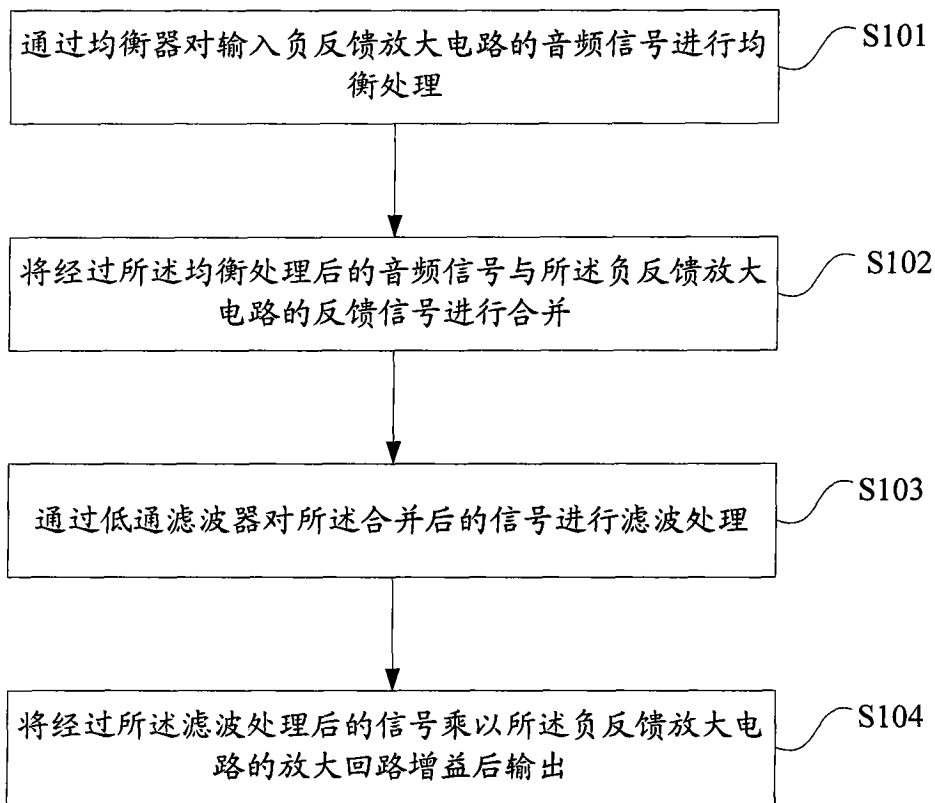


图 15