



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106454642 B

(45)授权公告日 2019.01.08

(21)申请号 201610848154.5

(22)申请日 2016.09.23

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106454642 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(73)专利权人 佛山科学技术学院
地址 528000 广东省佛山市江湾一路18号
专利权人 佛山馨聆信息技术有限公司

(72)发明人 杨骏

(74)专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224

代理人 董建林

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

(56)对比文件

- CN 102737646 A, 2012.10.17,
- EP 2086249 A2, 2009.08.05,
- CN 1375178 A, 2002.10.16,
- CN 103475980 A, 2013.12.25,
- CN 101379872 A, 2009.03.04,
- CN 105794190 A, 2016.07.20,
- CN 103247295 A, 2013.08.14,
- US 2003012388 A1, 2003.01.16,

审查员 何德超

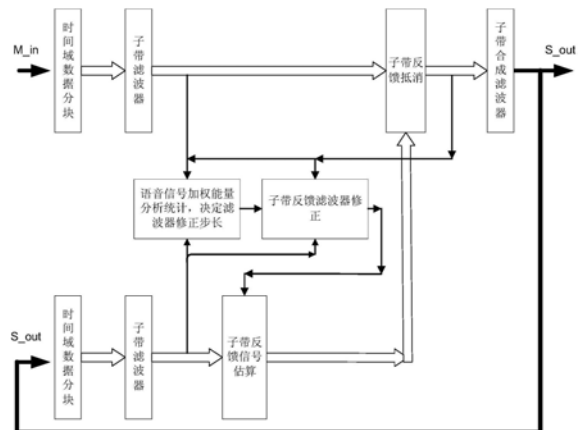
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

自适应子带音频反馈抑制方法

(57)摘要

本发明公开一种自适应子带音频反馈抑制算法,包括:对输入信号按采样顺序对数据进行分块;数据块经子带滤波器分别得到功放信号和输入信号子带信号;子带信号经自适应子带反馈滤波器推算出由扬声器信号产生的麦克风反馈子带信号,对子带信号进行加权能量分析和统计,对自适应子带反馈滤波器进行修正;将反馈子带信号除去后的输入子带信号合成复原为时间域信号;复原后的时间域信号送至扬声器用于扩声。优点:将信号滤波分割为子带,降低子带信号之间的相关,改善自适应滤波器收敛问题,降低系统的数据处理量,提高了反馈抑制处理的效率,提高了扩声系统的传声增益,改善扩声质量,可稳定地提高传声增益6分贝以上,最高可提升传声增益15分贝。



1. 一种自适应子带音频反馈抑制方法,其特征是,包括以下步骤:

步骤一,分别对采样获得的麦克风信号和输出给功放的功放信号按采样时间顺序分割为数据块,数据分块时采用重叠分块的方法,对分割的数据块进行子带滤波器滤波,分别得到麦克风子带信号和功放子带信号;

步骤二,利用子带反馈滤波器对功放子带信号进行滤波,得到扬声器传递到麦克风产生的反馈信号;

步骤三,从所述麦克风子带信号中减去所述反馈信号,得到消除反馈后的麦克风子带信号;

步骤四,对所述功放子带信号、所述麦克风子带信号、以及所述消除反馈后的麦克风子带信号进行加权能量分析统计,决定子带反馈滤波器的修正步长;

步骤五,将所述消除反馈后的麦克风子带信号,经过子带合成滤波器复原为时间域语音信号,输出给功放扩声;

步骤六,根据所述修正步长、功放子带信号和消除反馈后的麦克风子带信号,对子带反馈滤波器进行修正。

2. 根据权利要求1所述的一种自适应子带音频反馈抑制方法,其特征是,所述步骤一中,将采样信号根据设定的子带数量和时间顺序分割为数据块,再对分割的数据块经子带滤波器滤波分别得到输入子带信号和功放子带信号。

3. 根据权利要求1所述的一种自适应子带音频反馈抑制方法,其特征是,考虑到算法引入的群延时和声音从扬声器传播到麦克风引起的延时,调整功放信号的时间,使之与回声信号时间对齐,保持功放信号和回声信号同步。

4. 根据权利要求1所述的一种自适应子带音频反馈抑制方法,其特征是,调整所述子带反馈滤波器的修正步长,包括冻结滤波器、以及不同步长的修正参数。

5. 根据权利要求1所述的一种自适应子带音频反馈抑制方法,其特征是,在所述步骤三之后,根据需求加入降噪、自动增益控制、均衡处理。

6. 根据权利要求1所述的一种自适应子带音频反馈抑制方法,其特征是,在对音质要求不高的场合,在本子带反馈滤波器的处理之后,再加上移频、移相处理,以得到更高的传声增益。

自适应子带音频反馈抑制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种自适应子带音频反馈抑制方法,属于信号处理、语音信号处理技术领域。

背景技术

[0002] 扩声应用中的反馈(啸叫)问题由来已久。我们几乎都有如此的经历:在扩声时为了提高传声增益、加大发言人的扩声输出音量,往往在增加音量时引起扩声系统发生刺耳的啸叫;这就是常见的扩声系统的反馈自激(也叫啸叫)现象。为了解决扩声中音量小的问题,在保证扩声系统不发生反馈自激的同时,如何提高传声增益是一个关键性的问题。从控制理论的角度看待这个问题,这就是一个典型的反馈回路的控制问题:从扬声器发出的信号经空间衰减后进入麦克风,此信号再经过电路放大送给扬声器,如此形成一个闭环回路;当此闭环回路的增益小于1时,系统稳定;当此闭环回路的增益大于1时,系统产生反馈自激。

[0003] 为了防止扩声系统的反馈自激,最基本的做法就是减小系统的环路增益。传统的做法有:1、改善环境声装,提高从扬声器到麦克风的衰减,从而降低环路增益;2、采用指向型音柱、选用指向型麦克风等,这都是为了达到减小从扬声器到麦克风的反馈增益,从而降低环路增益。随着电路处理技术和数字音频信号处理技术(DSP)的发展,20年前出现了移频、移相和陷波滤波器等技术,进一步提高传声增益。其基本原理也都是利用环境空间对不同频率信号的衰减不同,来降低回路增益:3、移频技术是通过将麦克风拾取的信号频率(大多是)向高频端变换(频率移升),对麦克风拾取信号频率变换增加,使反馈信号的频率逐渐增加,而使得在反馈最强点的频率信号在每一次的反馈中逐渐移到更高的频率,从而使信号偏移最强反馈频率点,减小反馈增益,达到防止反馈自激的目的;4、移相技术是通过调整麦克风信号相位的方法,使得扬声器发出的信号相位随着时间改变,这样不同相位的信号在麦克风处叠加而得到抵消或减弱,从而降低反馈强度,减小回路增益,到达防止反馈自激的目的;5、陷波滤波器则是采用数字信号处理技术对特定频率进行陷波,降低特定频率的回路增益,而选定的特定频率是环境空间的反馈增益中最大的一些频率,如此降低回路的增益,达到防止反馈自激的目的。但是,以上3和4的移频和移相技术会严重地造成音频信号失真,产生音频的颤抖现象,同时对传声增益的提升也有限;5的陷波滤波器的方法没有音频颤抖现象,但由于对特定频率的陷波,同样造成音频的失真,此外,其另一个缺陷是:对音箱、麦克风的位置较为敏感(这是因为音频在空间传播、反射后在不同位置叠加的效果不同,不同位置的最大反馈增益频率不同所致),同时对环境温度和湿度敏感,因此当以上条件改变时,往往需要重新调整陷波器;还有,在麦克风较多时,由于敏感的频率过多,不得不设置许多频点的陷波器,造成音频的严重失真。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是克服现有技术的缺陷,提供一种基于自适应子带音

频反馈抑制方法,解决了现有扩声技术中传声增益不足、容易引起扩声系统自激反馈产生啸叫的技术问题。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提供一种自适应子带音频反馈抑制方法,其特征是,包括以下步骤:

[0006] 步骤一,分别对采样获得的麦克风信号和输出到功放信号按采样时间顺序分割为数据块,对分割的数据块进行子带滤波器滤波,分别得到麦克风子带信号和功放子带信号;将时间域音频信号转换为子带信号进行处理,是因为子带频带窄,因此可以对信号进行下采样;通过对子带信号的下采样,可大大地降低子带滤波器的长度(点数),因此可大幅度减少子带滤波器的计算量和子带滤波器修正时的计算量,从而提高了本算法的效率;

[0007] 步骤二,利用子带反馈滤波器对功放信号进行滤波,得到扬声器传递到麦克风产生的反馈信号;

[0008] 步骤三,从所述麦克风子带信号中减去所述反馈信号,得到消除反馈后的麦克风子带信号;由步骤二计算得到的反馈信号(在自适应滤波器收敛后)与实际麦克风拾取的反馈信号一致,因此当从麦克风信号中减去估算的反馈信号后,剩余的成分是单纯的发言人的语音;如此,原有的反馈回路被切断,因此提高扩声增益不会引起啸叫;

[0009] 步骤四,对所述功放子带信号、所述麦克风子带信号、以及所述消除反馈后的麦克风子带信号进行加权能量分析统计,决定子带反馈滤波器的修正步长;

[0010] 步骤五,将所述消除反馈后的麦克风子带信号,经过子带合成滤波器复原为时间域语音信号,输出给功放扩声;由于在步骤一中将数据分割为数据块经子带滤波器滤波得到子带信号,在将子带信号合成复原为时间域的语音信号时,各数据块之间容易产生不连贯畸变,造成数据块效应噪声,因此需对时间域信号进行滤波,以滤除数据块效应噪声;

[0011] 步骤六,根据所述修正步长、功放子带信号和消除反馈后的麦克风子带信号,对子带反馈滤波器进行修正;在很短的时间里,子带反馈滤波器将与实际扬声器到麦克风的传递函数相一致,起到消除反馈的作用。

[0012] 进一步的,所述步骤一中,将采样信号根据设定的子带数量和时间顺序分割为数据块,再对分割的数据块经子带滤波器滤波分别得到输入子带信号和功放子带信号。

[0013] 进一步的,考虑到算法引入的群延时和声音从扬声器传播到麦克风引起的延时,调整功放信号的时间,使之与回声信号时间对齐,保持功放信号和回声信号同步。

[0014] 进一步的,调整所述子带反馈滤波器(反馈滤波器的说法是从功能上讲,而此滤波器本身是自适应滤波器)的修正步长,包括冻结滤波器、以及不同步长的修正参数。

[0015] 进一步的,在所述步骤三之后,根据需求加入降噪、自动增益控制、均衡(EQ)处理,由于反馈抑制处理后的数据更接近于发言人的原声,因此在做降噪、自动增益控制处理时可得到更好的效果。

[0016] 进一步的,还包括移频、移相处理。在对音质要求不高的场合,在经过反馈抑制滤波之后,再加入移频、移相处理。

[0017] 一种自适应子带音频反馈抑制方法,其特征是,包括以下步骤:

[0018] 步骤一,分别对采样获得的麦克风信号和输出到功放信号按采样时间顺序分割为数据块,对分割的数据块进行子带滤波器滤波,分别得到麦克风子带信号和功放子带信号;将时间域音频信号转换为子带信号进行处理,是因为子带频带窄,因此可以对信号进行下

采样;通过对子带信号的下采样,可大大地降低子带滤波器的长度(点数),因此可大幅度减少子带滤波器的计算量和子带滤波器修正时的计算量,从而提高了本算法的效率;

[0019] 步骤二,利用子带反馈滤波器对功放信号进行滤波,得到系统产生的反馈信号;

[0020] 步骤三,从所述麦克风子带信号中减去所述反馈信号,得到消除反馈后的麦克风子带信号;由步骤二计算得到的反馈信号(在自适应滤波器收敛后)与实际麦克风拾取的反馈信号一致,因此当从麦克风信号中减去估算的反馈信号后,剩余的成分是单纯的发言人的语音;如此,原有的反馈回路被切断,因此提高扩声增益不会引起啸叫。

[0021] 步骤四,对所述功放子带信号、所述麦克风子带信号、以及所述消除反馈后的麦克风子带信号进行加权能量分析统计,决定子带反馈滤波器的修正步长;

[0022] 步骤五,将所述消除反馈后的麦克风子带信号,经过子带合成滤波器复原为时间域语音信号,输出给功放扩声;由于在步骤一中将数据分割为数据块经子带滤波器滤波得到子带信号,在将子带信号合成复原为时间域的语音信号时,各数据块之间容易产生不连贯畸变,造成数据块效应噪声,因此需对时间域信号进行滤波,以滤除数据块效应噪声;

[0023] 步骤六,根据所述修正步长、功放子带信号和消除反馈后的麦克风子带信号,对子带反馈滤波器进行修正;在很短的时间里,子带反馈滤波器将与实际扬声器到麦克风的传递函数相一致,起到消除反馈的作用;

[0024] 进一步的,所述步骤一中,将采样信号根据设定的子带数量和时间顺序分割为数据块,再对分割的数据块经子带滤波器滤波分别得到参考子带信号和功放子带信号。

[0025] 进一步的,还包括保持功放信号和回声信号同步的步骤。

[0026] 进一步的,所述修正步长包括冻结滤波器、以及不同步长的修正参数。

[0027] 进一步的,在所述步骤三之后,根据需求加入降噪、自动增益控制、均衡处理。由于反馈抑制处理后的数据更接近于发言人的原声,因此在做降噪、自动增益控制处理时可得到更好的效果;

[0028] 进一步的,还包括移频、移相处理,在对音质要求不高的场合,在经过反馈抑制滤波之后,再加入移频、移相处理,可以进一步提高传声增益

[0029] 本发明所达到的有益效果:

[0030] 1) 本发明采用反馈信号估算、掐断反馈回路的方法,极大地提高了传声增益;与陷波滤波的方法相比,通常陷波滤波的方法只能提升传声增益大约3至6分贝,而本方法可稳定地提高传声增益6至10分贝,在环境较好时可提升传声增益15分贝。

[0031] 2) 本发明采用自适应滤波的方法,因此可以针对任何环境自动适应,无需像陷波滤波方法那样人为地设置调节,简化了系统设置、大幅度地提高了系统的环境适应性和系统使用的简便性。

[0032] 3) 本发明采用反馈抵消的方法,对音频信号不做移频、移相,也不对特定频率进行陷波,因此,对语音影响极小,无上述的语音失真,提高了系统的保真度。

[0033] 4) 本发明采用了子带算法,降低了不同频率信号之间的相互影响和干扰,提高了自适应滤波器的稳定性,减小了反馈抑制处理对音质的影响,提高了处理效率,降低了系统成本。

[0034] 5) 在对音质要求不高的场合,本发明也可与移频、移相等处理相结合,可以进一步提高传声增益。

附图说明

[0035] 图1是本发明一种自适应子带音频反馈抑制算法的原理示意图。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图对本发明作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案,而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0037] 如图1所示, M_{in} 是一路麦克风的采样信号, S_{out} 是经反馈抑制处理后输出给功放的信号,本发明的一种自适应子带音频反馈抑制算法,包括以下步骤:

[0038] 步骤一,分别对采样获得的麦克风信号 M_{in} 和输出到功放参考信号 S_{out} 按采样时间顺序分割为数据块(Data Block),对分割的数据块进行子带滤波器滤波,分别得到麦克风和功放的子带信号。数据块的大小由子带滤波器的子带数决定。从理论上讲,子带的数量越多,子带自适应滤波计算量越小,算法效率越高;但在增加子带数量的同时,子带的带宽变得更窄(以音频带宽 D 为例,子带数为 N ,则一般子带带宽为 D/N),因此需要子带滤波器更长,子带滤波的计算量更大,引起系统总计算量上升;从系统引入的群延时来看,当子带数量增加,会引入更长的系统群延时,而在扩声系统中系统群延时是一个重要的指标。因此,综合优化系统计算量和系统群延时等要求,有一个最佳子带数量;这里以子带数128为例,做出原理说明,但这不局限本发明的权利要求。此外,为了减小由于数据分块造成的分块效应(Block-effect),数据分块时采用了重叠分块的方法(Over-lap),即每一个数据块包含 $2N$ 个采样点,下一个数据块不是移动 $2N$ 个采样点,而是只移动 N 个采样点,这样两个相邻的数据块之间有 N 个采样点是重叠(相同)的,如此可降低2个数据块之间衔接造成的分块效应。此外,子带可根据需要采用等带宽子带,也可采用等比带宽子带或其他不同带宽子带,这些都在本发明的权利要求之内。

[0039] 步骤二,利用子带反馈滤波器对参考信号进行滤波,得到系统产生的反馈信号。在系统启动初期,为了保证自适应滤波器稳定,对子带反馈滤波器进行初始化,设置滤波器参数为0。

[0040] 步骤三,从麦克风子带信号中除去估算出的反馈信号,得到消除反馈后的麦克风子带信号。在实际计算中,计算出的反馈信号与实际反馈信号之间总存在误差,此误差即为自适应滤波器的输出误差,用于自适应滤波器的修正。

[0041] 步骤四,对功放参考子带信号、麦克风子带信号、以及上述消除反馈后的麦克风子带信号进行加权能量分析统计,决定子带反馈滤波器(自适应滤波器)的修正步长。自适应滤波器的修正步长对自适应滤波器的稳定性和收敛性极其重要;修正步长太大,容易引起滤波器发散,最终造成自适应滤波器失效;但修正步长太小,引起滤波器收敛速度太慢,特别在使用定点(Fix Point)处理器时数据有效位数有限的情况下,会影响自适应滤波器的收敛精度,造成较大的估算误差。此外,为了保证自适应滤波器的稳定和滤波效果,根据功放参考信号的能量调整修正步长:即当功放参考信号能量较小时,取较小的修正步长;当功放参考信号能量较大时,取较大的修正步长;当功放参考信号能量很小(无语音)时,设置修正步长为零,冻结自适应滤波器,防止滤波器发散。

[0042] 步骤五,将消除反馈后的麦克风子带信号,经过子带合成滤波器复原为时间域语

音信号,输出给功放扩声。如上述步骤一所述,为了减小由于数据分块造成的分块效应(Block-effect),数据分块时采用了重叠分块的方法(Over-lap),因此,经子带合成滤波器复原得到的时间域语音信号需仔细选择复原滤波器,以保证信号的完美复原和减少数据分块效应。

[0043] 步骤六,根据前述决定的修正步长、以及功放参考子带信号和消除反馈后的麦克风子带信号,对子带反馈滤波器参数进行修正。自适应滤波器参数修正的算法有LMS、NLMS、PNLMS等多种算法,LMS的波动较大;NLMS稳定但收敛速度较PNLMS慢;PNLMS 稳定但计算量较大。本发明采用简化的PNLMS方法,但不排除以上的方法。

[0044] 本发明说明了一种自适应子带音频反馈抑制算法,由于采用子带技术降低了子带(相对于原音频频带)的带宽,因此可下采样子带信号,减少子带信号数据量,如此降低了自适应滤波器的计算量,提高了算法效率。但是,本发明不限于以上的子带形式,在时间域内类似的自适应滤波器方法也在本权利要求之内,因为时间域信号可看作是只有一个子带的特殊条件,同时采用自适应滤波器的方法是本发明与其他反馈抑制方法本质的不同。

[0045] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和变形,这些改进和变形也应视为本发明的保护范围。

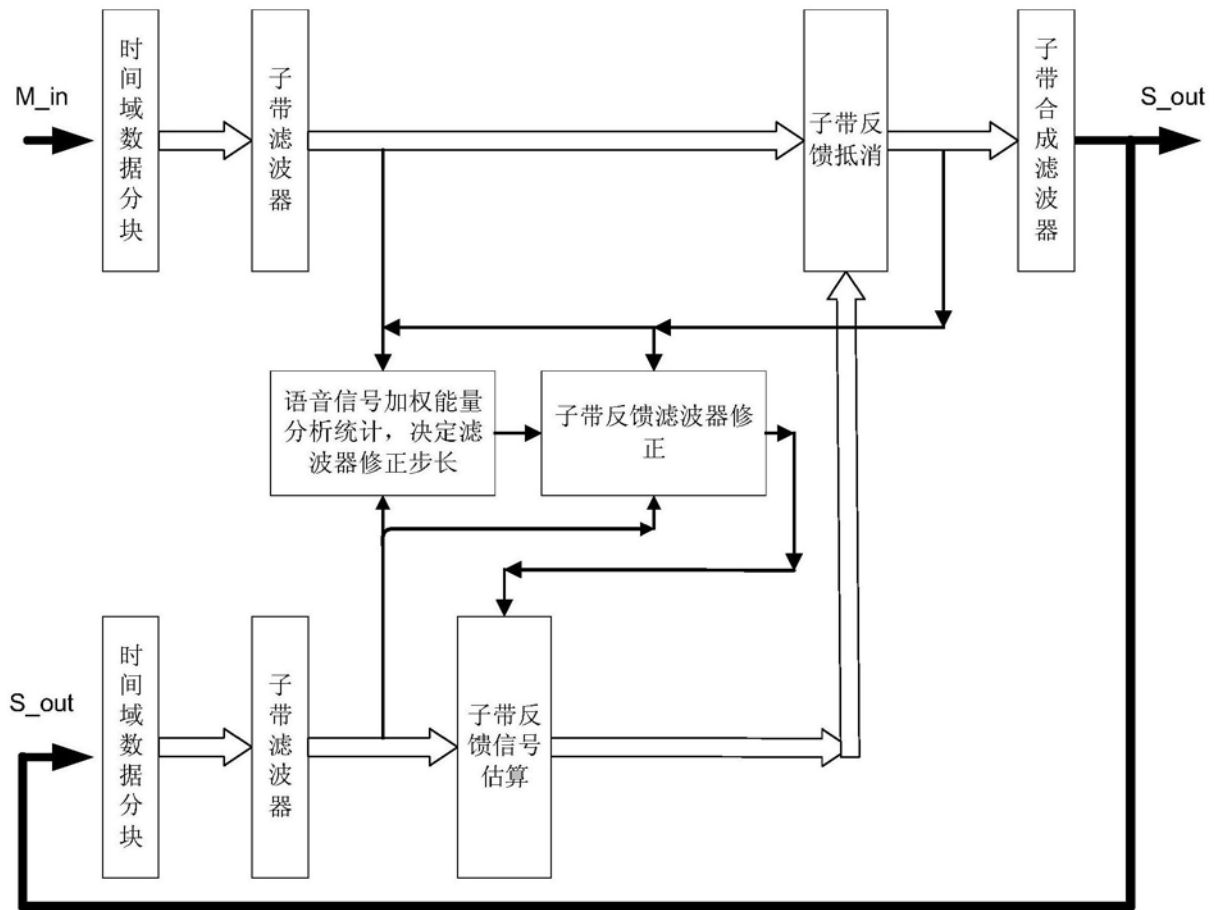


图1