



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107351853 A

(43)申请公布日 2017. 11. 17

(21)申请号 201710506465.8

(22)申请日 2017.06.28

(71)申请人 邢优胜

地址 100080 北京市海淀区苏州街乙29号
人才服务中心20052201号

(72)发明人 邢优胜

(74)专利代理机构 北京东方汇众知识产权代理
事务所(普通合伙) 11296

代理人 张淑贤

(51) Int. Cl.

B61D 33/00(2006.01)

G10K 11/178(2006.01)

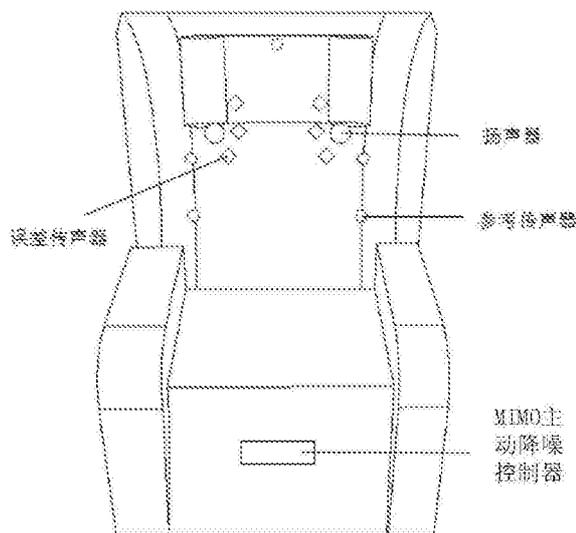
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种适用于高铁商务舱的主动降噪座椅

(57)摘要

本发明所公开了一种适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,所述主动降噪座椅包括底座、靠背和头枕,还包括:设置在乘客头部活动范围内的靠背和头枕上参考噪声传感器和误差传声器, MIMO主动降噪控制器、两个扬声器。本发明通过一系列不相干的参考声学模式所获得的最优噪声控制模式的准确度更高,更能与高铁商务舱内的噪声模式相匹配,再根据最优的噪声控制模式发出目标信号,实现对高铁商务舱内的噪声的宽频降噪效果,降噪效果更加明显。而且通过不断地调整采样周期、自适应滤波器阶数、收敛因子,来自适应修改滤波器权系数,能够在保证系统稳定的前提下提高系统的收敛速度,并获得在较宽频带内的噪声控制。



1. 一种适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,所述主动降噪座椅包括底座、靠背和头枕,其特征在于,还包括:

参考噪声传感器,所述参考噪声传感器设置在乘客头部活动范围内的靠背和头枕上,用于采集主噪声源噪声 $x[n]$;

误差传声器,所述误差传声器设置在乘客头部活动范围内的靠背和头枕上,用于采集高铁商务舱内的噪声控制后的残余噪声 $e[n]$;

MIMO主动降噪控制器,所述MIMO主动降噪控制器分别与所述参考噪声传感器和误差传声器相连,用于接收主噪声源噪声 $x[n]$ 和残余噪声 $e[n]$,并提取一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$,获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$,自适应调整采样周期 T 的取值范围、自适应滤波器阶数 N 的取值范围和收敛因子 μ 的范围,最终生成最优的噪声控制模式;

两个扬声器,所述两个扬声器分别设置在头枕下方两侧贴近人耳处,并与所述MIMO主动降噪控制器相连,用于接收最优的噪声控制模式,并根据最优的噪声控制模式发出目标信号 $Y[n]$ 以降低高铁商务舱内的噪声。

2. 根据权利要求1所述适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,其特征在于,所述MIMO主动降噪控制器,包括:

参考声学模式提取单元,所述声学模式提取单元与所述参考噪声传感器相连,用于接收主噪声源噪声 $x[n]$,并根据主噪声源噪声 $x[n]$ 提取一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$;

噪声控制模式预测单元,所述噪声控制模式预测单元分别与所述误差传声器、参考传声器和参考声学模式提取单元相连,用于分析目标信号从发出到残余噪声采集处的路径传递函数,获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$,并基于FX-LMS算法,自适应调整采样周期 T 的取值范围、自适应滤波器阶数 N 的取值范围和收敛因子 μ 的范围,再根据所述收敛因子 μ 、路径传递函数 $H[n]$ 、一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 、残余噪声 $e[n]$ 和主噪声源噪声 $x[n]$ 生成最优的噪声控制模式。

3. 根据权利要求2所述适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,其特征在于,所述参考声学模式提取单元,包括:

参考声学模式提取子单元,所述参考声学模式提取子单元用于接收主噪声源噪声 $x[n]$,并根据主噪声源噪声 $x[n]$ 提取一系列参考声学模式 $S'[n]$;

参考声学模式分离单元,所述参考声学模式分离单元与所述参考声学模式提取子单元,用于接收一系列参考声学模式 $S'[n]$,并将参考声学模式 $S'[n]$ 之间的互信息调整到最小,获得一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 。

4. 根据权利要求3所述适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,其特征在于,所述根据主噪声源噪声 $x[n]$ 提取一系列参考声学模式 $S'[n]$ 的过程,包括:

将提取函数 \check{E} 应用到主噪声源噪声 $x[n]$ 中:

$$S'[n] = \check{E}(x[n])。$$

5. 根据权利要求3所述适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,其特征在于,所述获得一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 的过程,包括:

将对比函数 α 作用于一系列参考声学模式 $S'[n]$ 中:

$$\alpha(S'[n]) = I[S'[1] \cdots S'[k]],$$

使用自动调整算法自动调整提取函数 E ,在一系列参考声学模式 $S'[n]$ 之间的互信息 $I[S'[1] \cdots S'[k]]$ 最小时,所输出的声学模式为一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 。

6. 根据权利要求2所述适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,其特征在于,所述噪声控制模式预测单元,包括:

路径传递函数分析子单元,所述路径传递函数分析子单元用于分析目标信号从扬声器到误差传声器的路径传递函数,并获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$;

自适应滤波器,所述自适应滤波器分别与所述路径传递函数分析子单元、误差传声器、参考传声器和参考声学模式提取单元相连,用于接收用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$ 、残余噪声 $e[n]$ 和一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$,并基于FX-LMS算法,自适应调整采样周期 T 的取值范围、自适应滤波器阶数 N 的取值范围和收敛因子 μ 的范围,再根据滤波器权重系数计算公式 $\omega[n+1] = \omega[n] + \mu(e[n] \cdot H[n] \cdot x[n])$,在所述收敛因子 μ 的范围内调整 μ 的取值,更新权系数 w ,直至残余噪声 $e(n)$ 收敛时的收敛因子 μ 最小时,生成最优的噪声控制模式 $Y[n] = w \cdot S[n]$ 。

7. 根据权利要求6所述适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,其特征在于,所述获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$ 的过程,包括:

判断第 j 个路径传递函数 $H[j]$ 是否使得残余噪声 $e(n)$ 在 n 个采样点数内收敛;

若收敛,则使用 $H[j]$ 进行噪声控制模式预测;

若不收敛,则判断第 $(j+1)$ 个路径传递函数 $H[j+1]$ 是否使得残余噪声 $e(n)$ 在 n 个采样点数内收敛。

8. 根据权利要求6所述适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,其特征在于,所述基于FX-LMS算法,自适应调整采样周期 T 的取值范围的过程,包括:

调整采样周期 T ,使 $T = 1/f_s \leq 1/2f_0$,其中, f_s 为采样频率, f_0 为输出的最优噪声控制模式的频率范围上限。

9. 根据权利要求6所述适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,其特征在于,所述基于FX-LMS算法,自适应调整自适应滤波器阶数 N 的范围的过程,包括:

在参考噪声频率突变时,升高 N 值;

在参考噪声频率稳定时,降低 N 值。

10. 根据权利要求6所述适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,其特征在于,所述基于FX-LMS算法,自适应调整收敛因子 μ 范围的过程,包括:

调整自适应调整收敛因子 μ ,使得 μ 满足系统稳定性条件和系统收敛性条件。

一种适用于高铁商务舱的主动降噪座椅

技术领域

[0001] 本发明涉及噪声控制技术领域,尤其涉及一种适用于高铁商务舱的主动降噪座椅。

背景技术

[0002] 随着人们生活水平的提高、轨道交通运输业的迅速发展,越来越多的人选择高铁出行,其对高铁的乘坐舒适性要求也不断提高,其中车厢内的噪声情况也逐渐成为乘客进行列车舒适性判断的标准之一。在当前高铁商务舱内的噪声水平基础上,提高噪声控制效果,为乘客休息和睡眠提供一个更加安静的环境,成为噪声控制领域中一项比较热门的研究。

[0003] 常规的噪声控制方案多通过采用吸声结构和吸声材料来实现一定的降噪效果,这种被动式噪声控制可有效降低高频段的噪声,而对于低频噪声的控制效果则比较差。采用主动降噪手段可对低频噪声进行有效的控制,当前的主动式噪声控制方案仅能够在较窄频带内降低噪声低频,其在轨道交通列车中的应用也受到极大的限制。

发明内容

[0004] 本发明目的是提供一种高铁商务舱内的噪声的主动控制系统,以解决上述问题。

[0005] 本发明解决技术问题采用如下技术方案:

[0006] 一种适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,所述主动降噪座椅包括底座、靠背和头枕,还包括:

[0007] 参考噪声传感器,所述参考噪声传感器设置在乘客头部活动范围内的靠背和头枕上,用于采集主噪声源噪声 $x[n]$;

[0008] 误差传声器,所述误差传声器设置在乘客头部活动范围内的靠背和头枕上,用于采集高铁商务舱内的噪声控制后的残余噪声 $e[n]$;

[0009] MIMO主动降噪控制器,所述MIMO主动降噪控制器分别与所述参考噪声传感器和误差传声器相连,用于接收主噪声源噪声 $x[n]$ 和残余噪声 $e[n]$,并提取一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$,获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$,自适应调整采样周期 T 的取值范围、自适应滤波器阶数 N 的取值范围和收敛因子 μ 的范围,最终生成最优的噪声控制模式;

[0010] 两个扬声器,所述两个扬声器分别设置在头枕下方两侧贴近人耳处,并与所述MIMO主动降噪控制器相连,用于接收最优的噪声控制模式,并根据最优的噪声控制模式发出目标信号 $Y[n]$ 以降低高铁商务舱内的噪声。

[0011] 优选的,所述MIMO主动降噪控制器,包括:

[0012] 参考声学模式提取单元,所述声学模式提取单元与所述参考噪声传感器相连,用于接收主噪声源噪声 $x[n]$,并根据主噪声源噪声 $x[n]$ 提取一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$;

[0013] 噪声控制模式预测单元,所述噪声控制模式预测单元分别与所述误差传声器、参考传声器和参考声学模式提取单元相连,用于分析目标信号从发出到残余噪声采集处的路径传递函数,获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$,并基于FX-LMS算法,自适应调整采样周期 T 的取值范围、自适应滤波器阶数 N 的取值范围和收敛因子 μ 的范围,再根据所述收敛因子 μ 、路径传递函数 $H[n]$ 、一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 、残余噪声 $e[n]$ 和主噪声源噪声 $x[n]$ 生成最优的噪声控制模式。

[0014] 优选的,所述参考声学模式提取单元,包括:

[0015] 参考声学模式提取子单元,所述参考声学模式提取子单元用于接收主噪声源噪声 $x[n]$,并根据主噪声源噪声 $x[n]$ 提取一系列参考声学模式;

[0016] 参考声学模式分离子单元,所述参考声学模式分离子单元与所述参考声学模式提取子单元,用于接收一系列参考声学模式,并将参考声学模式之间的互信息调整到最小,获得一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 。

[0017] 优选的,所述根据主噪声源噪声 $x[n]$ 提取一系列参考声学模式的过程,包括:

[0018] 将提取函数 \check{E} 应用到主噪声源噪声 $x[n]$ 中:

[0019] $S'[n] = \check{E}(x[n])$ 。

[0020] 优选的,所述获得一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 的过程,包括:

[0021] 将对比函数 α 作用于一系列参考声学模式 $S'[n]$ 中:

[0022] $\alpha(S'[n]) = I[S'[1] \cdots S'[k]]$,

[0023] 使用自动调整算法自动调整提取函数 \check{E} ,在一系列参考声学模式 $S'[n]$ 之间的互信息 $I[S'[1] \cdots S'[k]]$ 最小时,所输出的声学模式为一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 。

[0024] 优选的,所述噪声控制模式预测单元,包括:

[0025] 路径传递函数分析子单元,所述路径传递函数分析子单元用于分析目标信号从扬声器到误差传声器的路径传递函数,并获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$;

[0026] 自适应滤波器,所述自适应滤波器分别与所述路径传递函数分析子单元、误差传声器、参考传声器和参考声学模式提取单元相连,用于接收用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$ 、残余噪声 $e[n]$ 和一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$,并基于FX-LMS算法,自适应调整采样周期 T 的取值范围、自适应滤波器阶数 N 的取值范围和收敛因子 μ 的范围,再根据滤波器权重系数计算公式 $\omega[n+1] = \omega[n] + \mu(e[n] \cdot H[n] \cdot x[n])$,在所述收敛因子 μ 的范围内调整 μ 的取值,更新权系数 w ,直至残余噪声 $e(n)$ 收敛时的收敛因子 μ 最小时,生成最优的噪声控制模式 $Y[n] = w \cdot S[n]$ 。

[0027] 优选的,所述获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$ 的过程,包括:

[0028] 判断第 j 个路径传递函数 $H[j]$ 是否使得残余噪声 $e(n)$ 在 n 个采样点数内收敛;

[0029] 若收敛,则使用 $H[j]$ 进行噪声控制模式预测;

[0030] 若不收敛,则判断第 $(j+1)$ 个路径传递函数 $H[j+1]$ 是否使得残余噪声 $e(n)$ 在 n 个采样点数内收敛。

[0031] 优选的,所述基于FX-LMS算法,自适应调整采样周期 T 的取值范围的过程,包括:

[0032] 调整采样周期 T ,使 $T = 1/f_s \leq 1/2f_0$,其中, f_s 为采样频率, f_0 为输出的最优噪声控制模式的频率范围上限。

[0033] 优选的,所述基于FX-LMS算法,自适应调整自适应滤波器阶数N的范围的过程,包括:

[0034] 在参考噪声频率突变时,升高N值;

[0035] 在参考噪声频率稳定时,降低N值。

[0036] 优选的,所述基于FX-LMS算法,自适应调整收敛因子 μ 范围的过程,包括:

[0037] 调整自适应调整收敛因子 μ ,使得 μ 满足系统稳定性条件和系统收敛性条件。

[0038] 可见,本发明所公开的适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,过设置在乘客头部活动范围内的靠背和头枕上的参考传声器采集机车座椅处的主噪声 $x[n]$,通过设置在乘客头部活动范围内的靠背和头枕上的误差传声器采集噪声控制后的残余噪声 $e[n]$,通过分别与所述参考噪声传感器和误差传声器相连的MIMO主动降噪控制器提取一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$,获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$,自适应调整采样周期T的取值范围、自适应滤波器阶数N的取值范围和收敛因子 μ 的范围,生成最优的噪声控制模式,最后与所述MIMO主动降噪控制器相连的扬声器根据最优的噪声控制模式发出目标信号 $Y[n]$ 以降低高铁商务舱内的噪声。

[0039] 与现有技术相比,本发明所公开的适用于高铁商务舱的主动降噪座椅通过一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 所获得的最优噪声控制模式的准确度更高,更能与高铁商务舱内的噪声模式相匹配,再根据最优的噪声控制模式发出目标信号 $Y[n]$,由于是根据具有更高准确度的最优噪声控制模式发出的目标信号 $Y[n]$,则目标信号 $Y[n]$ 与高铁商务舱内的噪声的匹配程度也更高,从而实现对高铁商务舱内的噪声的宽频降噪效果,降噪效果更加明显。

[0040] 此外,通过不断地调整采样周期、自适应滤波器阶数、收敛因子,来自适应修改滤波器权系数,能够在保证系统稳定的前提下提高系统的收敛速度,并获得在较宽频带内的噪声控制。

附图说明

[0041] 图1为本发明所提供的一种适用于高铁商务舱的主动降噪座椅结构示意图;

[0042] 图2为本发明所提供的一种适用于高铁商务舱的主动降噪座椅开启前后司机室内的噪声分布图。

具体实施方式

[0043] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0044] 下面结合实施例及附图对本发明的技术方案作进一步阐述。

[0045] 本发明实施了公开了一种适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,如图1所示,包括:

[0046] 参考噪声传感器,所述参考噪声传感器设置在乘客头部活动范围内的靠背和头枕上,用于采集主噪声源噪声 $x[n]$ 。在本实施例中,在所述头枕正面设置了5个参考传声器。所述主噪声可以理解为在机车行驶过程中,将不同转速下的发动机舱噪声、车载音频装置辐

射的中低频段噪声和不同路况下的路噪在头枕附近(人耳活动范围)的噪声集合定位主噪声 $x[n]$ 。其中, $x[n]$ 为 n 个离散时间对主噪声的采样所组成的矩阵。主噪声的声学属性包括振幅、相位和频率。

[0047] 误差传声器,所述误差传声器设置在乘客头部活动范围内的靠背和头枕上,用于采集高铁商务舱内的噪声控制后的残余噪声 $e[n]$ 。本实施例中,在所述头枕正面设置有6个误差传声器。所述 $e[n]$ 实际上是经过机车座椅噪声控制之后所残余的噪声,也可以理解为坐在机车座椅上的人所能感受到的噪声。残余噪声 $e[n]$ 为 n 个离散时间对残余噪声采样所组成的矩阵。

[0048] MIMO主动降噪控制器,所述MIMO主动降噪控制器分别与所述参考噪声传感器和误差传声器相连,用于接收主噪声源噪声 $x[n]$ 和残余噪声 $e[n]$,并提取一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$,获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$,自适应调整采样周期 T 的取值范围、自适应滤波器阶数 N 的取值范围和收敛因子 μ 的范围,最终生成最优的噪声控制模式。其中,所述MIMO主动降噪控制器,包括:

[0049] 参考声学模式提取单元,所述声学模式提取单元与所述参考噪声传感器相连,用于接收主噪声源噪声 $x[n]$,并根据主噪声源噪声 $x[n]$ 提取一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$;

[0050] 噪声控制模式预测单元,所述噪声控制模式预测单元分别与所述误差传声器、参考传声器和参考声学模式提取单元相连,用于分析目标信号从发出到残余噪声采集处的路径传递函数,获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$,并基于FX-LMS算法,自适应调整采样周期 T 的取值范围、自适应滤波器阶数 N 的取值范围和收敛因子 μ 的范围,再根据所述收敛因子 μ 、路径传递函数 $H[n]$ 、一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 、残余噪声 $e[n]$ 和主噪声源噪声 $x[n]$ 生成最优的噪声控制模式。

[0051] 进一步的,所述参考声学模式提取单元,包括:

[0052] 参考声学模式提取子单元,所述参考声学模式提取子单元用于接收主噪声源噪声 $x[n]$,并根据主噪声源噪声 $x[n]$ 提取一系列参考声学模式 $S'[n]$ 。所述根据主噪声源噪声 $x[n]$ 提取一系列参考声学模式 $S'[n]$ 的过程,又包括:

[0053] 将提取函数 \check{E} 应用到主噪声源噪声 $x[n]$ 中: $S'[n]=\check{E}(x[n])$ 。其中,提取函数 \check{E} 是具有记忆功能的线性映射函数,执行卷积运算,所述声学模式主要包括噪声信号的三个要素,即幅值、相位和频率信息。主噪声 $x[n]$ 矩阵元素与一系列参考声学模式 $S'[n]$ 矩阵元素之间为映射关系。

[0054] 参考声学模式分离子单元,所述参考声学模式分离子单元与所述参考声学模式提取子单元,用于接收一系列参考声学模式 $S'[n]$,并将参考声学模式 $S'[n]$ 之间的互信息调整到最小,获得一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 。所述获得一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 的过程,包括:

[0055] 将对比函数 α 作用于一系列参考声学模式 $S'[n]$ 中:

[0056] $\alpha(S'[n])=I[S'[1]\cdots S'[k]]$,

[0057] 使用自动调整算法自动调整提取函数 \check{E} ,在一系列参考声学模式 $S'[n]$ 之间的互信息 $I[S'[1]\cdots S'[k]]$ 最小时,所输出的声学模式为一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 。其

中,使用自动调整算法自动调整提取函数 \check{E} 的过程如下:

[0058] (1) 若 $I > 0$,则调整 \check{E} ,改变 $x[n]$ 与 $S'[n]$ 之间的映射关系,继续进行判断;

[0059] (2) 若 $I = 0$,则使用 \check{E} 作为提取过程的提取函数。

[0060] 所述一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$ 是从预设的主噪声源中所分离出来的最具有代表性的声学模式。本实施例所公开的主动降噪系统将提取函数应用于多类型声源的参考噪声输入中,通过自适应调整算法进行提取函数的优化,可有效确保所提取声学模式的准确度。

[0061] 所述噪声控制模式预测单元,包括:

[0062] 路径传递函数分析子单元,所述路径传递函数分析子单元用于分析目标信号从扬声器到误差传声器的路径传递函数,并获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$ 。该过程可以理解为 n 个采样点对应的长度为一个时段,若系统包括 E 个扬声器和 F 个误差传声器,则扬声器与误差传声器之间形成 EF 个传递路径。此时,所述获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$ 的过程,包括:判断第 j 个路径传递函数 $H[j]$ 是否使得残余噪声 $e(n)$ 在 n 个采样点数内收敛,若收敛,则使用 $H[j]$ 进行噪声控制模式预测;若不收敛,则判断第 $(j+1)$ 个路径传递函数 $H[j+1]$ 是否使得残余噪声 $e(n)$ 在 n 个采样点数内收敛。

[0063] 自适应滤波器,所述自适应滤波器分别与所述路径传递函数分析子单元、误差传声器、参考传声器和参考声学模式提取单元相连,用于接收用于噪声控制模式预测的路径传递函数 $H[n]$ 、残余噪声 $e[n]$ 和一系列不相干的参考声学模式 $S[n]$,并基于FX-LMS算法,自适应调整采样周期 T 的取值范围、自适应滤波器阶数 N 的取值范围和收敛因子 μ 的范围,再根据滤波器权重系数计算公式 $\omega[n+1] = \omega[n] + \mu(e[n] \cdot H[n] \cdot x[n])$,在所述收敛因子 μ 的范围内调整 μ 的取值,更新权重系数 w ,直至残余噪声 $e(n)$ 收敛时的收敛因子 μ 最小时,生成最优的噪声控制模式 $Y[n] = w \cdot S[n]$ 。

[0064] 其中,所述基于FX-LMS算法,自适应调整采样周期 T 的取值范围的过程,包括:

[0065] 调整采样周期 T ,使 $T = 1/f_s \leq 1/2f_0$,其中, f_s 为采样频率, f_0 为输出的最优噪声控制模式的频率范围上限。由于采样周期 T 的大小影响所采集的参考噪声的频率范围的上限 f ,而 $T = 1/f_s, f_s \geq 2f$;则 T 越小, f 越大,即可分析的参考噪声频率上限越大(可分析的参考噪声频率范围与最优噪声控制模式频率范围一致),当 $T = 1/f_s \leq 1/2f_0$ (即 $f \leq f_0$)时,可以获得较大的降噪频率范围。

[0066] 此外,滤波器阶数 N 的大小会影响输出最优噪声控制模式的频率范围上限 f_0 ,若增大 N ,则滤波器截止频率 f_0 降低,而其控制扬声器输出的信号频率上限也随之降低。最优噪声控制模式的频率范围与参考噪声频率范围的匹配度决定降噪水平。通过分析采样周期 T 和自适应滤波器阶数 N 的关系,自适应调整采样周期的取值范围,能够有效保证可降噪噪声频带宽度。

[0067] 所述基于FX-LMS算法,自适应调整自适应滤波器阶数 N 的范围的过程,包括:

[0068] 在参考噪声频率突变时,升高 N 值;

[0069] 在参考噪声频率稳定时,降低 N 值。

[0070] MIMO主动降噪控制器所输出的最优噪声控制模式的频带宽度为 $(0, f_0)$,若增大 N ,则滤波器截止频率 f_0 会降低,可分析的参考噪声频率范围与最优噪声控制模式频率范围一

致,所以自适应调整N值,可降低滤波器算法的运算量,使得系统快速收敛。即通过分析自适应滤波器阶数N与参考噪声频带宽度的关系,自适应调整N的范围,能够在确保最优降噪量的前提下加快系统的收敛速度。

[0071] 所述基于FX-LMS算法,自适应调整收敛因子 μ 范围的过程,包括:

[0072] 调整自适应调整收敛因子 μ ,使得 μ 满足系统稳定性条件和系统收敛性条件。其中,系统稳定性的条件为: $0 < \mu < 1 / (N \cdot P)$,N为滤波器阶数,P为扬声器输出信号的功率。所述系统收敛性是指在特定的迭代时间内,FX-RBF算法是否达到收敛。本实施例中, μ 值的选取,需要同时满足系统稳定性和系统算法收敛性。

[0073] 通过分析自适应滤波器阶数N与收敛因子 μ 的关系,自适应调整 μ 的范围,能够保证系统的稳定性。

[0074] 两个扬声器,所述两个扬声器分别设置在头枕下方两侧贴近人耳处,并与所述MIMO主动降噪控制器相连,用于接收最优的噪声控制模式,并根据最优的噪声控制模式发出目标信号Y[n]以降低高铁商务舱内的噪声。

[0075] 由于最优的噪声控制模式Y[n]最能与一系列不相干的参考声学模式S[n]相匹配,则依据最优的噪声控制模式所发出的目标信号(声音)才能有效的抵消主噪声,达到最佳的降噪效果。

[0076] 可见,本发明所公开的适用于高铁商务舱的主动降噪座椅,过设置在乘客头部活动范围内的靠背和头枕上的参考传声器采集机车座椅处的主噪声x[n],通过设置在乘客头部活动范围内的靠背和头枕上的误差传声器采集噪声控制后的残余噪声e[n],通过分别与所述参考噪声传感器和误差传声器相连的MIMO主动降噪控制器提取一系列不相干的参考声学模式S[n],获取用于噪声控制模式预测的路径传递函数H[n],自适应调整采样周期T的取值范围、自适应滤波器阶数N的取值范围和收敛因子 μ 的范围,生成最优的噪声控制模式,最后与所述MIMO主动降噪控制器相连的扬声器根据最优的噪声控制模式发出目标信号Y[n]以降低高铁商务舱内的噪声。

[0077] 与现有技术相比,本发明所公开的适用于高铁商务舱的主动降噪座椅通过一系列不相干的参考声学模式S[n]所获得的最优噪声控制模式的准确度更高,更能与高铁商务舱内的的噪声模式相匹配,再根据最优的噪声控制模式发出目标信号Y[n],由于是根据具有更高准确度的最优噪声控制模式发出的目标信号Y[n],则目标信号Y[n]与高铁商务舱内的噪声的匹配程度也更高,从而实现对高铁商务舱内的噪声的宽频降噪效果,降噪效果更加明显。

[0078] 此外,通过不断地调整采样周期、自适应滤波器阶数、收敛因子,来自适应修改滤波器权系数,能够在保证系统稳定的前提下提高系统的收敛速度,并获得在较宽频带内的噪声控制。

[0079] 如图2所示,本实施例进一步公开了在一定车速下,本适用于高铁商务舱的主动降噪座椅在开启前(OFF)和开启后(ON),在噪声控制区域内测得的噪声频谱曲线,通过对比可知,本发明所提供的主动降噪方案在宽频范围内的主动降噪效果显著。

[0080] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;

而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

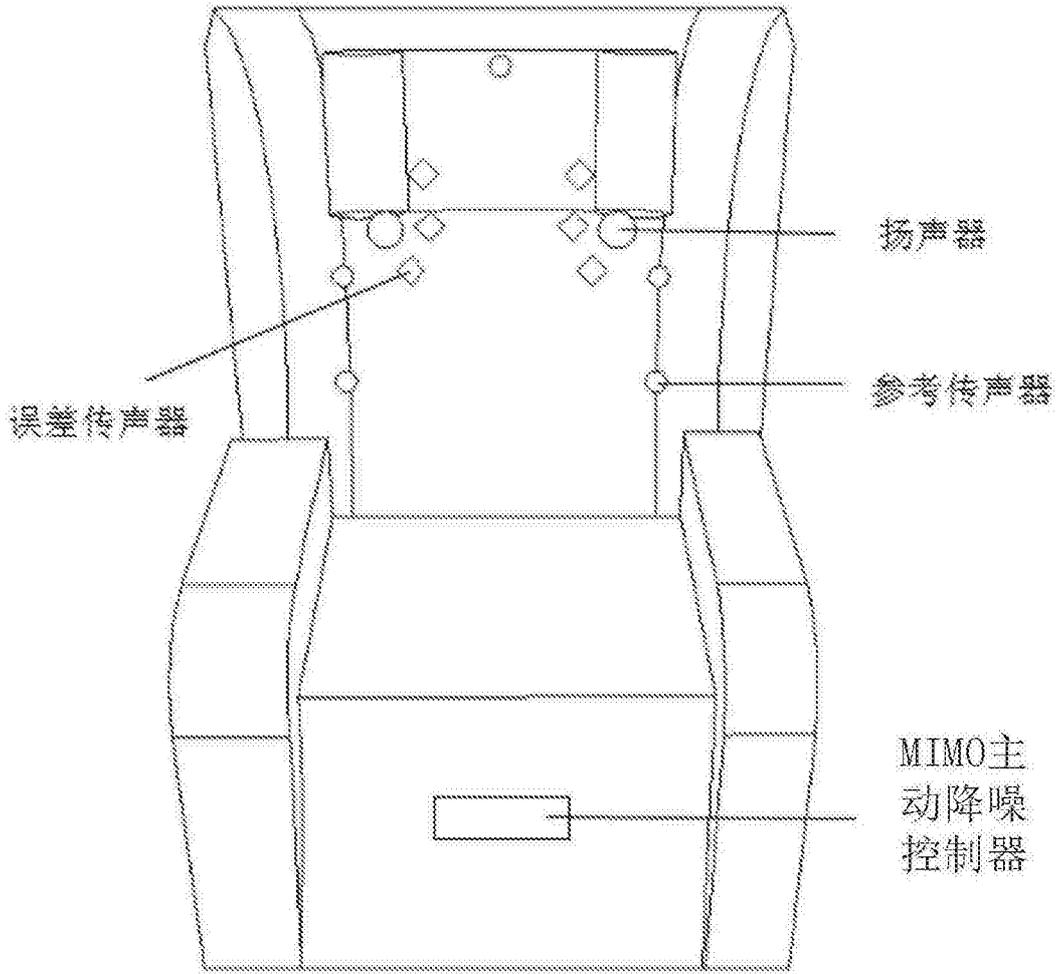


图1

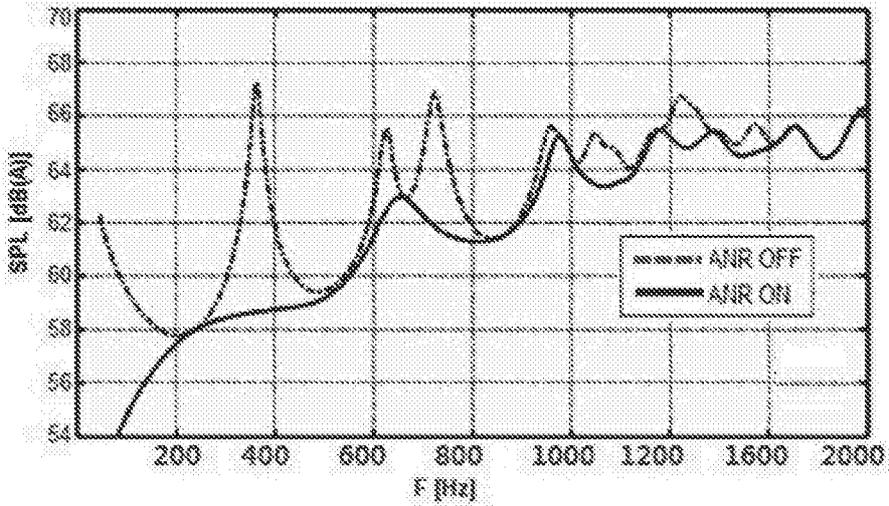


图2