



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103947226 A

(43) 申请公布日 2014. 07. 23

(21) 申请号 201280056620. 6

代理人 王萍 韩炜

(22) 申请日 2012. 11. 14

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H04S 5/02 (2006. 01)

2011-256142 2011. 11. 24 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 05. 16

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/079464 2012. 11. 14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/077226 JA 2013. 05. 30

(71) 申请人 索尼公司

地址 日本东京都

(72) 发明人 中野健司

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

11227

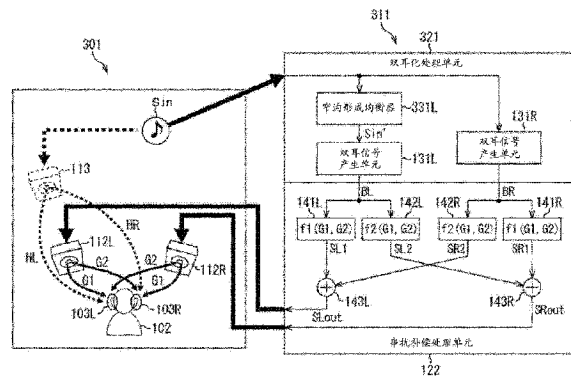
权利要求书3页 说明书20页 附图14页

(54) 发明名称

声学信号处理设备、声学信号处理方法、程序和记录介质

(57) 摘要

本技术涉及能够改善在从听者的前中心平面向左侧或右侧偏离的位置处声像的声音的局部化的声学信号处理设备、声学信号处理方法、程序和记录介质。双耳化处理单元产生其中将声源相对侧的 HRTF 叠加在声学信号上的第一双耳信号, 以及通过减弱其中将声源侧的 HRTF 叠加在声学信号上获得的信号的分量中声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟所出现的波段的分量, 产生第二双耳信号。串扰补偿处理单元关于第一双耳信号和第二双耳信号进行用于消除声学传递特性和串扰的串扰补偿。本技术例如可以应用于 AV 放大器。



1. 一种声学信号处理设备,包括:

第一双耳化处理单元,被配置为通过将虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数叠加在声学信号上,产生第一双耳信号,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;

第二双耳化处理单元,被配置为通过减弱在通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述声学信号上获得的信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二双耳信号,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段;以及

串扰补偿处理单元,被配置为进行串扰补偿处理,用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰,所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

2. 根据权利要求1的声学信号处理设备,其中

所述第一双耳化处理单元被配置为通过减弱所述第一双耳信号的分量中的所述第一波段和所述第二波段的分量,产生第三双耳信号,以及

所述串扰补偿处理单元被配置为关于所述第二双耳信号和所述第三双耳信号进行串扰补偿处理。

3. 根据权利要求1的声学信号处理设备,其中所述预定频率为在所述第一头部相关传递函数的4kHz附近、出现正峰的频率。

4. 一种声学信号处理方法,包括:

通过将虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数叠加在声学信号上,产生第一双耳信号,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;

通过减弱在通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述声学信号上获得的信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二双耳信号,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段;以及

进行串扰补偿处理,用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰,所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

5. 一种程序,用于使得计算机执行:

通过将虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数叠加在声学信号上,产生第

一双耳信号,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;

通过减弱在通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述声学信号上获得的信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二双耳信号,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的第一头部相关传递函数的振幅的波段中的最低波段和次最低波段;以及

进行串扰补偿处理,用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰,所述第一扬声器位于关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

6. 一种计算机可读记录介质,其中存储有根据权利要求 5 的程序。

7. 一种声学信号处理设备,包括:

减弱单元,被配置为通过减弱第一声学信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二声学信号,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的、虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;以及

信号处理单元,被配置为按照集成的方式进行以下处理:

用于通过将所述第一头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第一双耳信号,以及通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第二双耳信号的处理,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,以及

用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰的处理,所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

8. 根据权利要求 7 的声学信号处理设备,其中所述预定频率为在所述第一头部相关传递函数的 4kHz 附近、出现正峰的频率。

9. 根据权利要求 7 的声学信号处理设备,其中:

所述减弱单元包括无限脉冲响应 (IIR) 滤波器,以及
所述信号处理单元包括有限脉冲响应 (FIR) 滤波器。

10. 一种声学信号处理方法,包括:

通过减弱第一声学信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二声学信号,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的、虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧

偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;以及

按照集成的方式进行以下处理:

用于通过将所述第一头部相关传递函数叠加在第二声学信号上产生第一双耳信号,以及通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第二双耳信号的处理,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,以及

用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰的处理,所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

11. 一种程序,用于使得计算机执行:

通过减弱第一声学信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二声学信号,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;以及

按照集成的方式进行以下处理,

用于通过将所述第一头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第一双耳信号,以及通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第二双耳信号的处理,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,以及

用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰的处理,所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器在位于关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

12. 一种计算机可读记录介质,其中存储有根据权利要求 11 的程序。

声学信号处理设备、声学信号处理方法、程序和记录介质

技术领域

[0001] 本技术涉及声学信号处理设备、声学信号处理方法、程序和记录介质,尤其涉及用于实现虚拟环绕的声学信号处理设备、声学信号处理方法、程序和记录介质。

背景技术

[0002] 近年来,在立体声音响领域,有一种通过在上侧以及旁侧和后侧添加扬声器来表达上下方向声场的趋势。

[0003] 另一方面,不是很多家庭在家庭影院中安装数量与声道数量一样多的扬声器,因此,仅通过一个前置扬声器人为产生环绕声场的虚拟环绕系统(前置环绕系统)得到大规模普及。

[0004] 因此,假定少数家庭像在旁侧和后侧一样,在上侧按照扬声器,并且因此,按照与传统的前置环绕系统一样的方式,需要仅通过前置扬声器在上侧人为产生扬声器的方法。

[0005] 已知在头部相关传递函数(HRTF)的振幅-频率特性的高频侧出现的峰和谷提供了对于声像的声音在上下方向和前后方向上的位置的提示(例如参见专利文献1)。假定主要是通过由于耳朵形状所致的反射、衍射和共振而形成这些峰和谷。

[0006] 此外,如图1所示,指示在4kHz附近出现的正峰P1以及首先在等于或大于这些峰和谷中的峰P1所出现频带的频带中出现的两个窄沟(notch)N1和N2对于上下方向和前后方向上声音的局域化有特别大的贡献(例如参见非专利文献1)。

[0007] 在本说明书中,谷指示与诸如HRTF的振幅-频率特性的波形图上的环绕部分相比,在向下方向上凹入的部分。在这些谷中,窄沟指示特别是宽度窄(例如,HRTF的振幅-频率特性中的带宽)并且深度等于或大于预定深度的谷,即波形图中出现的尖锐负峰。

[0008] 尚未确认峰P1取决于声源的方向,并且因此峰P1出现在实际上相同的波段中,与声源的方向无关。在非专利文献1中,认为峰P1是用于人体感官系统搜索窄沟N1和N2的参考信号,并且在上下方向和前后方向中实质上有助于声音的局域化的生理参数包括窄沟N1和N2。

[0009] 下面将HRTF的窄沟N1和N2分别称为第一窄沟和第二窄沟。

[0010] 引用列表

[0011] 专利文献

[0012] 专利文献1:JP2008-211834A

[0013] 非专利文献

[0014] 专利文献1:Iida, et al., "Spatial Acoustics", Japan, Corona Publishing Co., Ltd., July2010, pp19-21

发明内容

[0015] 本发明要解决的问题

[0016] 但是,在上述非专利文献1中对于上下方向和前后方向上声音的局域化的研究只

是在前中心平面（是通过在前后方向上切割听者头部所获得的平面）范围内的考虑。因此，例如，当声像在从前中心平面向左侧或右侧偏离的位置被局域化时，不清楚非专利文献 1 的理论是否有效。

[0017] 为了解决这个问题，设计本技术改善在从听者的前中心平面向左侧或右侧偏离的位置处声像的声音的局域化。

[0018] 问题的解决方案

[0019] 根据本技术第一方面的声学信号处理设备，包括：第一双耳化处理单元，被配置为通过将虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数叠加在声学信号上，产生第一双耳信号，所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离，所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧；第二双耳化处理单元，被配置为通过减弱在通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述声学信号上获得的信号的分量中的第一波段和第二波段的分量，产生第二双耳信号，所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧，其中，所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段；以及串扰补偿处理单元，被配置为进行串扰补偿处理，用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号，消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰，所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧，所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0020] 第一双耳化处理单元被配置为在所述第一双耳信号的分量中，通过减弱所述第一波段和所述第二波段的分量，产生第三双耳信号，以及所述串扰补偿处理单元被配置为关于所述第二双耳信号和所述第三双耳信号进行串扰补偿处理。

[0021] 预定频率可以是在所述第一头部相关传递函数的 4kHz 附近、出现正峰的频率。

[0022] 根据本技术第一方面的声学信号处理方法包括步骤：通过将虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数叠加在声学信号上，产生第一双耳信号，所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离，所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧；通过减弱在通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述声学信号上获得的信号的分量中的第一波段和第二波段的分量，产生第二双耳信号，所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧，所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段；以及进行串扰补偿处理，用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号，消除第一扬声器与第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰，所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧，所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0023] 根据本技术第一方面的程序或者根据本技术第一方面的记录介质中存储的程序使得计算机执行：通过将虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数叠加在声学信

号上,产生第一双耳信号,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;通过减弱在通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述声学信号上获得的信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二双耳信号,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的第一头部相关传递函数的振幅的波段中的最低波段和次最低波段;以及进行串扰补偿处理,用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰,所述第一扬声器位于关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0024] 根据本技术第二方面的声学信号处理设备,包括:减弱单元,被配置为通过减弱第一声学信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二声学信号,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的、虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;以及信号处理单元,被配置为按照集成的方式进行以下处理:用于通过将所述第一头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第一双耳信号,以及通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第二双耳信号的处理,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,以及用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰的处理,所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0025] 预定频率可以是在所述第一头部相关传递函数的 4kHz 附近、出现正峰的频率。

[0026] 减弱单元可以包括无限脉冲响应 (IIR) 滤波器,以及信号处理单元可以包括有限脉冲响应 (FIR) 滤波器。

[0027] 根据本技术第二方面的声学信号处理方法包括:通过减弱第一声学信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二声学信号,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的、虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;以及按照集成的方式进行以下处理:用于通过将所述第一头部相关传递函数叠加在第二声学信号上产生第一双耳信号,以及通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第二双耳信号的处理,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,以及用于关于所述第一双耳信

号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰的处理,所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0028] 根据本技术第二方面的程序或者根据本技术第二方面的记录介质中存储的程序使得计算机执行:通过减弱第一声学信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二声学信号,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;以及按照集成的方式进行以下处理:用于通过将所述第一头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第一双耳信号,以及通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第二双耳信号的处理,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,以及用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰的处理,所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器在位于关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0029] 根据本技术第一方面,通过将虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数叠加在声学信号上,产生第一双耳信号,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;通过减弱在通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述声学信号上获得的信号的分量中的减弱第一波段和第二波段的分量,产生第二双耳信号,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段;以及进行串扰补偿处理,用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰,所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0030] 根据本技术第二方面,通过减弱在第一声学信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二声学信号,在所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的、虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;以及按照集成的方式进行,用于通过将所述第一头部相关传递函数叠加在所述第二

声学信号上产生第一双耳信号,以及通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第二双耳信号的处理,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,以及用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰的处理,所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0031] 本发明的有益效果

[0032] 根据本技术的第一方面和第二方面,可以改善在从听者的前中心平面向左侧或右侧偏离的位置处声像的声音的局域化。

附图说明

[0033] 图 1 是示出 HRTF 的示例的曲线图。

[0034] 图 2 是示出用于实现基于 HRTF 的前置环绕系统的、根据实施例的声学信号处理系统的示意图。

[0035] 图 3 是示出对于布置在听者左前斜上方位置的声源, HRTF 的测量结果的示例的曲线图。

[0036] 图 4 是用于说明用于研究在声源侧的 HRTF 的窄沟对听者的听觉的影响的实验的示意图。

[0037] 图 5 是用于说明用于研究在声源相对侧的 HRTF 的窄沟对听者的听觉的影响的实验的示意图。

[0038] 图 6 是用于说明用于研究在声源侧的 HRTF 中形成声源相对侧的 HRTF 的窄沟时对听者的听觉的影响的实验的示意图。

[0039] 图 7 是示出应用本技术的、根据第一实施例的声学信号处理系统的示意图。

[0040] 图 8 是用于说明通过根据第一实施例的声学信号处理系统执行的声学信号处理的流程图。

[0041] 图 9 是示出应用本技术的、根据第二实施例的声学信号处理系统的示意图。

[0042] 图 10 是用于说明通过根据第二实施例的声学信号处理系统执行的声学信号处理的流程图。

[0043] 图 11 是示出应用本技术的、根据第三实施例的声学信号处理系统的示意图。

[0044] 图 12 是用于说明通过根据第三实施例的声学信号处理系统执行的声学信号处理的流程图。

[0045] 图 13 是示出应用本技术的音频系统的功能配置实例的示意图。

[0046] 图 14 是示出计算机的配置实例的方框图。

具体实施方式

[0047] 下面描述用于实施本技术的实施方式(下面称为“实施例”)。按照以下顺序进行描述。

- [0048] 1. 应用于本技术的理论
- [0049] 2. 第一实施例（仅在声源侧设置窄沟形成均衡器的示例）
- [0050] 3. 第二实施例（在声源侧和声源相对侧设置窄沟形成均衡器的示例）
- [0051] 4. 第三实施例（集成听觉传输处理的示例）
- [0052] 5. 修改示例
- [0053] （1. 应用于本技术的理论）

[0054] 首先,下面参照图 2 至图 6 描述应用于本技术的理论。

[0055] 已知通过耳朵周围的耳机播放通过耳朵周围布置的麦克风记录的声音的方法是双耳记录 / 播放方法。通过双耳记录的双声道信号称为双耳信号,其包含在人体的上下方向和前后方向以及横向上关于声源位置的声学信息。

[0056] 此外,通过利用位于左侧和右侧的双声道扬声器而非耳机来播放此双耳信号的方法称为听觉传输播放方法。但是,如果将基于双耳信号的声音按照原样从扬声器简单地输出,那么例如将产生串扰,从而用于右耳的声音对于听者的左耳也听得见。此外,例如,当用于右耳的声音的波形到达听者的右耳时,叠加了从扬声器到右耳的声学传递特性,并且因此,波形失真。

[0057] 因此,在听觉传输播放方法中,对双耳信号进行用于消除串扰和不必要的声学传递特性的预处理。下面将此预处理称为串扰补偿处理。

[0058] 即使在没有通过耳朵周围的麦克风来记录声音的情况下,也可以产生双耳信号。具体而言,双耳信号是通过将从声源位置到耳朵周围位置的 HRTF 叠加在声学信号上获得的信号。因此,如果已知 HRTF 分量,就可以通过进行在声学信号上叠加 HRTF 的信号处理,产生双耳信号。下面将此处理称为双耳化处理。

[0059] 在基于 HRTF 的前置环绕系统中,进行双耳化处理和串扰补偿处理。

[0060] 图 2 是示出用于实现基于 HRTF 的前置环绕系统的、根据实施例的声学信号处理系统 101 的框图。

[0061] 声学信号处理系统 101 包括声学信号处理单元 111 以及扬声器 112L 和 112R。扬声器 112L 和 112R 被对称地布置在声学信号处理系统 101 中、预定的理想聆听位置的前方。

[0062] 声学信号处理系统 101 利用扬声器 112L 和 112R 实现虚拟扬声器 113,虚拟扬声器 113 是虚拟声源。也就是说,在虚拟扬声器 113 的位置处,声学信号处理系统 101 可以关于预定聆听位置处的听者 102,将从扬声器 112L 和 112R 输出的声像局域化。

[0063] 下面,除非另有说明,否则如图 2 所示,将虚拟扬声器 113 的位置设置在聆听位置(听者 102)的左前斜上方位置。

[0064] 此外,下面,在参照聆听位置的左右方向中,将靠近虚拟扬声器 113 的一侧称为声源侧,将远离虚拟扬声器 113 的一侧称为与声源相对的侧或者声源的相对侧。因此,在图 2 所示情况下,聆听位置的左侧是声源侧,而右侧是声源的相对侧。

[0065] 此外,下面将虚拟扬声器 113 与听者 102 的左耳 103L 之间的 HRTF 称为头部相关传递函数 HL,将虚拟扬声器 113 与听者 102 的右耳 103R 之间的 HRTF 称为头部相关传递函数 HR。此外,下面在上述两种头部相关传递函数之间,将与声源侧(靠近虚拟扬声器 113 的侧)的听者 102 的耳朵相对应的头部相关传递函数称为声源侧的 HRTF,而将与声源相对侧(远离虚拟扬声器 113 的侧)的听者 102 的耳朵相对应的头部相关传递函数称为声源相对

侧的 HRTF。此外,下面将声源相对侧的听者 102 的耳朵称为阴影侧耳朵。

[0066] 此外,为了简化说明,下面将扬声器 112L 与听者 102 的左耳 103L 之间的 HRTF 以及扬声器 112R 与听者 102 的右耳 103R 之间的 HRTF 假定为相同,并将该 HRTF 称为头部相关传递函数 G1。此外,为了简化说明,下面将扬声器 112L 与听者 102 的右耳 103R 之间的 HRTF 以及扬声器 112R 与听者 102 的左耳 103L 之间的 HRTF 假定为相同,并将该 HRTF 称为头部相关传递函数 G2。

[0067] 声学信号处理单元 111 包括双耳化处理单元 121 和串扰补偿处理单元 122。双耳化处理单元 121 包括双耳信号产生单元 131L 和 131R。串扰补偿处理单元 122 包括信号处理单元 141L 和 141R、信号处理单元 142L 和 142R 以及加法单元 143L 和 143R。

[0068] 双耳信号产生单元 131L 通过将头部相关传递函数 HL 叠加在从外部输入的声学信号 Sin 上,产生双耳信号 BL。双耳信号产生单元 131L 将产生的双耳信号 BL 提供给信号处理单元 141L 以及信号处理单元 142L。

[0069] 双耳信号产生单元 131R 通过将头部相关传递函数 HR 叠加在从外部输入的声学信号 Sin 上,产生双耳信号 BR。双耳信号产生单元 131R 将产生的双耳信号 BL 提供给信号处理单元 141R 以及信号处理单元 142R。

[0070] 信号处理单元 141L 通过将预定函数 $f_1(G_1, G_2)$ 叠加在双耳信号 BL 上,产生声学信号 SL1,预定函数 $f_1(G_1, G_2)$ 将头部相关传递函数 G1 和 G 作为变量。信号处理单元 141L 将产生的声学信号 SL1 提供给加法单元 143L。

[0071] 类似地,信号处理单元 141R 通过将函数 $f_1(G_1, G_2)$ 叠加在双耳信号 BR 上,产生声学信号 SR1。信号处理单元 141R 将产生的声学信号 SR1 提供给加法单元 143R。

[0072] 函数 $f_1(G_1, G_2)$ 例如表示为以下方程式 (1)。

$$[0073] \quad f_1(G_1, G_2) = 1/(G_1+G_2)+1/(G_1-G_2)\dots (1)$$

[0074] 信号处理单元 142L 通过将预定函数 $f_2(G_1, G_2)$ 叠加在双耳信号 BL 上,产生声学信号 SL2,预定函数 $f_2(G_1, G_2)$ 将头部相关传递函数 G1 和 G 作为变量。信号处理单元 142L 将产生的声学信号 SL2 提供给加法单元 143R。

[0075] 类似地,信号处理单元 142R 通过将函数 $f_2(G_1, G_2)$ 叠加在双耳信号 BR 上,产生声学信号 SR2。信号处理单元 142R 将产生的声学信号 SR2 提供给加法单元 143L。

[0076] 函数 $f_2(G_1, G_2)$ 例如表示为以下方程式 (2)。

$$[0077] \quad f_2(G_1, G_2) = 1/(G_1+G_2)-1/(G_1-G_2)\dots (2)$$

[0078] 加法单元 143L 通过将声学信号 SL1 与声学信号 SR2 相加,产生声学信号 SLout。加法单元 143L 将声学信号 SLout 提供给扬声器 112L。

[0079] 加法单元 143R 通过将声学信号 SR1 与声学信号 SL2 相加,产生声学信号 SRout。加法单元 143R 将声学信号 SRout 提供给扬声器 112R。

[0080] 扬声器 112L 基于声学信号 SLout 输出声音,而扬声器 112R 基于声学信号 SRout 输出声音。

[0081] 通过这种配置,在理论上,认为可以通过调节应用于双耳信号产生单元 131L 和 131R 的头部相关传递函数 HL 和 HR,自由地安装虚拟扬声器 113。

[0082] 但是,将实际测量的头部相关传递函数 HL、HR、G1 和 G2 应用于声学信号处理单元 111 的实验揭示,听者 102 很难获得声音的稳定局域化。特别地,发现声像在高频带减弱,或

者,声像在与用于播放的扬声器的侧不平衡的位置被局域化,使得声像难以按照稳定的方式在虚拟扬声器 113 的位置被局域化。

[0083] 进行了实验来研究,当声源位置处于从聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离的位置时,在声源侧和声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟怎样起作用。

[0084] 首先,在从安装于听者 102 左前斜上方位置的扬声器 201 输出声音时,测量用于听者 102 (实际情况下的全尺寸玩偶) 的左耳 103L 和右耳 103R 的 HRTF。图 3 示出测量结果。

[0085] 根据该测量结果,第一窄沟 N1s 和第二窄沟 N2s 出现在用于声源侧的左耳 103L 的、声源侧的 HRTF 上。此外,第一窄沟 N1c 和第二窄沟 N2c 出现在用于声源相对侧的右耳 103R 的声源相对侧的 HRTF 上。通过这种方式,第一窄沟和第二窄沟出现在声源侧的 HRTF 以及声源相对侧的 HRTF 两者之上。

[0086] 进行了实验来比较声源侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟以及声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟对听者的听觉的影响。

[0087] 首先,进行了实验来研究声源侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟对听者的听觉的影响。具体而言,如图 4 所示,对于从听者 102 的前中心平面向左侧或右侧偏离的声源而言,将声源侧的 HRTF 和声源相对侧的 HRTF 叠加在任意声学信号上(双耳化处理)并通过耳机 211L 和 211R 将其提供给听者 102 的左耳和右耳。此时,在通过峰值均衡器(EQ)填充声源侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟的情况以及不填充声源侧的第一窄沟和第二窄沟的情况之间,比较听者 102 的听觉。

[0088] 在此附图中,示出这样的示例,其中声源的位置处于听者 102 的左前斜上方位置,因此听者 102 的左耳 103L 位于声源侧,而听者 102 的右耳 103R 位于声源相对侧。

[0089] 结果,在峰值均衡器关闭时听者 102 所体验的声像的位置 P1 与峰值均衡器开启时听者 102 所体验的声像的位置 P2 之间没有大的差异。此外发现,即使在声源侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟被填充时,声像的上侧感觉实际上也不下降。

[0090] 按照与上述类似的方法进行了实验,研究声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟对听者的听觉的影响。也就是说,如图 5 所示,在通过峰值均衡器(EQ)填充声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟的情况与不填充声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟的情况之间,比较听者 102 的听觉。

[0091] 结果,在将峰值均衡器 EQ 关闭时通过听者 102 所体验的声像的位置 P1 与将峰值均衡器 EQ 开启时通过听者 102 所体验的声像的位置 P3 之间有大的差异。此外发现,在将声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟填充时,声像的上侧感觉显著下降。

[0092] 由此实验结果推断,当声源的位置从听者的前中心平面向左侧或右侧偏离时,在声源相对侧的 HRTF 上出现的第一窄沟和第二窄沟的再现对于上下方向中声像的声音的局域化的感觉很重要。在前后方向中声像的声音的局域化也是这样。

[0093] 因此,在传输听觉播放方法中,可以这样说,如果声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟可以在听者阴影侧的耳朵周围再现,就可以稳定上下方向和前后方向上声像的声音的局域化。但是因为以下原因,所以认为这并不容易。

[0094] 仅关注声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟所出现的波段,需要在听者阴影侧的耳朵周围再现小的信号电平,而在声源侧的耳朵周围再现较大的信号电平。如果串扰补偿处理理想地作用,就可以实现这一点;但是,在普通的聆听环境中,很可能产生错误。

如果在串扰中产生错误,则由于串扰的影响,声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟被填充,并且因此,不能在听者阴影侧的耳朵周围再现它们。

[0095] 通过这种方式,很难在阴影侧的耳朵周围再现声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟,并且这被认为是导致上下方向和前后方向中声像的声音的局域化不稳定的原因之一。

[0096] 考虑到听觉传输播放系统的上述问题,进行了另一个实验。

[0097] 具体而言,如图 6 所示,在通过声源相对侧那样的窄沟均衡器在声源侧的 HRTF 上形成声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟的情况以及在不形成声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟的情况之间比较听者 102 的听觉。

[0098] 结果,在声源相对侧那样的窄沟均衡器关闭时听者 102 所体验的声像的位置 P1 与声源相对侧那样的窄沟均衡器开启时听者 102 所体验的声像的位置 P4 之间没有大的差异。此外发现,即使在声源侧的 HRTF 上形成声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟时,声像的上侧感觉实际上也不下降。

[0099] 根据上述实验结果,如果在听者阴影侧的耳朵周围可以再现声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟,则推断,声源侧耳朵周围的窄沟所出现的波段中声音的振幅不会对上下反向中声像的声音的局域化施加显著的影响。在前后方向中声像的声音的局域化也是这样。

[0100] 通过应用上述实验结果呈现的 HRTF 的特性,获得了下述的本技术的实施例。

[0101] (2. 第一实施例)

[0102] 下面参照图 7 和图 8 描述应用了本技术的根据第一实施例的声学信号处理系统。

[0103] (声学信号处理系统 301 的配置示例)

[0104] 图 7 是示出根据本技术的第一实施例的声学信号处理系统 301 的功能配置示例的示意图。在附图中,与图 2 相对应的部件采用相同的附图标记,并视情况省略其描述,以避免多余的描述。

[0105] 声学信号处理系统 301 与图 2 所示声学信号处理系统 101 的不同在于,设置声学信号处理单元 311 来代替声学信号处理单元 111。此外,声学信号处理单元 311 与声学信号处理单元 111 的不同在于,设置双耳化处理单元 321 来代替双耳化处理单元 121。此外,双耳化处理单元 321 与双耳化处理单元 121 的不同在于,在双耳信号产生单元 131L 的前一阶段设置窄沟形成均衡器 331L。

[0106] 窄沟形成均衡器 331L 进行用于减弱在从外部输入的声学信号 S_{in} 的分量中、声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟所出现的波段中的分量的处理(下面称为“窄沟形成处理”)。窄沟形成均衡器 331L 将作为窄沟形成处理的结果所获得的声学信号 S_{in}' 提供给双耳信号产生单元 131L。

[0107] 在此示例中,描述了听者的右耳 103R 在阴影侧的情况下的配置。另一方面,当听者的左耳 103L 在阴影侧时,在双耳信号产生单元 131R 的前一阶段设置窄沟形成均衡器 331R,而不是窄沟形成均衡器 331L。

[0108] (通过声学信号处理系统 301 的声学信号处理)

[0109] 下面参照图 8 的流程图描述通过图 7 所示声学信号处理系统 301 执行的声学信号处理。

[0110] 在步骤 S1 中, 窄沟形成均衡器 331L 在声源侧的声学信号 S_{in} 中形成与声源相对侧的 HRTF 的窄沟为相同波段的窄沟。也就是说, 窄沟形成均衡器 331L 减弱在声学信号 S_{in} 的分量中、与声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟相同波段的分量。通过这种操作, 减弱了在声学信号 S_{in} 的分量中、在其中深度等于或大于预定深度的窄沟出现在等于或大于预定频率 (在 4kHz 附近出现正峰的频率) 的频率处的声源相对侧的 HRTF 的振幅的波段中的最低波段和第二低波段的分量。然后窄沟形成均衡器 331L 将作为该处理的结果所获得的声学信号 S_{in}' 提供给双耳信号产生单元 131L。

[0111] 在步骤 S2 中, 每个双耳信号产生单元 131L 和 131R 进行双耳化处理。具体而言, 双耳信号产生单元 131L 通过将头部相关传递函数 HL 叠加在声学信号 S_{in}' 上来产生双耳信号 BL。双耳信号产生单元 131L 将产生的双耳信号 BL 提供给信号处理单元 141L 和信号处理单元 142L。

[0112] 该双耳信号 BL 是通过将 HRTF 叠加在声学信号 S_{in} 上所获得的信号, 在该 HRTF 上, 与声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟相同波段的窄沟在声源侧的 HRTF 上形成。换言之, 该双耳信号 BL 是通过减弱在将声源侧的 HRTF 叠加在声学信号 S_{in} 上所获得的信号的分量中的声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟出现所在波段的分量而获得的信号。

[0113] 此外, 双耳信号产生单元 131R 通过将头部相关传递函数 HR 叠加在声学信号 S_{in} 上产生双耳信号 BR。双耳信号产生单元 131R 将产生的双耳信号 BL 提供给信号处理单元 141R 和信号处理单元 142R。

[0114] 在步骤 S3 中, 串扰补偿处理单元 122 进行串扰补偿处理。具体而言, 信号处理单元 141L 通过将上述函数 $f_1(G_1, G_2)$ 叠加在双耳信号 BL 上, 产生声学信号 SL_1 。信号处理单元 141L 将产生的声学信号 SL_1 提供给加法单元 143L。

[0115] 类似地, 信号处理单元 141R 通过将上述函数 $f_1(G_1, G_2)$ 叠加在双耳信号 BR 上, 产生声学信号 SR_1 。信号处理单元 141R 将产生的声学信号 SR_1 提供给加法单元 143R。

[0116] 此外, 信号处理单元 142L 通过将上述函数 $f_2(G_1, G_2)$ 叠加在双耳信号 BL 上, 产生声学信号 SL_2 。信号处理单元 142L 将产生的声学信号 SL_2 提供给加法单元 143R。

[0117] 类似地, 信号处理单元 142R 通过将上述函数 $f_2(G_1, G_2)$ 叠加在双耳信号 BR 上, 产生声学信号 SR_2 。信号处理单元 142R 将产生的声学信号 SL_2 提供给加法单元 143L。

[0118] 加法单元 143L 通过将声学信号 SL_1 与声学信号 SR_2 相加, 产生声学信号 SL_{out} 。加法单元 143L 将产生的声学信号 SL_{out} 提供给扬声器 112L。

[0119] 类似地, 加法单元 143R 通过将声学信号 SR_1 与声学信号 SL_2 相加, 产生声学信号 SR_{out} 。加法单元 143R 将产生的声学信号 SR_{out} 提供给扬声器 112R。

[0120] 在步骤 S4 中, 分别从扬声器 112L 和扬声器 112R 输出基于声学信号 SL_{out} 和声学信号 SR_{out} 的声音。

[0121] 通过这种操作, 仅关注声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟出现的波段, 降低了扬声器 112L 和扬声器 112R 的再现声音的信号电平, 并且因此, 在到达听者 102 两耳的声音中, 以稳定的方式降低了对应波段的电平。因此, 即使产生了串扰, 在听者 102 的阴影侧耳朵周围, 也能稳定地再现声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟。结果, 解决了上下方向和前后方向中声音局域化的不稳定性, 这在听觉传输播放系统中是有问题的。

[0122] (3. 第二实施例)

[0123] 下面参照图 9 和图 10 描述应用了本技术的根据第二实施例的声学信号处理系统。

[0124] (声学信号处理系统 401 的配置示例)

[0125] 图 9 是示出根据本技术第二实施例的声学信号处理系统 401 的功能配置示例的示意图。在附图中,与图 7 相对应的部件采用相同的附图标记,并视情况省略其描述,以避免多余描述。

[0126] 声学信号处理系统 401 与图 7 所示声学信号处理系统 301 的不同在于,设置声学信号处理单元 411 来代替声学信号处理单元 311。此外,声学信号处理单元 411 与声学信号处理单元 311 的不同在于,设置双耳化处理单元 421 来代替双耳化处理单元 321。此外,双耳化处理单元 421 与双耳化处理单元 321 的不同在于,在双耳信号产生单元 131R 的前一阶段设置窄沟形成均衡器 331R。

[0127] 窄沟形成均衡器 331R 是与窄沟形成均衡器 331L 类似的均衡器。因此,与窄沟形成均衡器 331L 的声学信号类似的声学信号 Sin' 从窄沟形成均衡器 331R 输出并提供给双耳信号产生单元 131R。

[0128] (通过声学信号处理系统 401 的声学信号处理)

[0129] 下面参照图 10 的流程图描述通过图 9 所示声学信号处理系统 401 执行的声学信号处理。

[0130] 在步骤 S21 中,每个窄沟形成均衡器 331L 和 331R 在声源侧和声源相对侧的声学信号 Sin 上形成与声源相对侧的 HRTF 的窄沟波段相同的窄沟。也就是说,窄沟形成均衡器 331L 减弱在声学信号 Sin 的分量中的、与声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟波段相同的分量。然后窄沟形成均衡器 331L 将作为减弱的结果获得的声学信号 Sin' 提供给双耳信号产生单元 131L。

[0131] 类似地,窄沟形成均衡器 331R 减弱在声学信号 Sin 的分量中的、与声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟波段相同的分量。然后窄沟形成均衡器 331R 将作为减弱的结果获得的声学信号 Sin' 提供给双耳信号产生单元 131R。

[0132] 在步骤 S22 中,每个双耳信号产生单元 131L 和 131R 进行双耳化处理。具体而言,双耳信号产生单元 131L 通过将头部相关传递函数 HL 叠加在声学信号 Sin' 上,产生双耳信号 BL。双耳信号产生单元 131L 将产生的双耳信号 BL 提供给信号处理单元 141L 和信号处理单元 142L。

[0133] 类似地,双耳信号产生单元 131R 通过将头部相关传递函数 HR 叠加在声学信号 Sin' 上,产生双耳信号 BR。双耳信号产生单元 131R 将产生的双耳信号 BR 提供给信号处理单元 141R 和信号处理单元 142R。

[0134] 该双耳信号 BR 是通过将其中声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟实质上加深的 HRTF 叠加在声学信号 Sin 上所获得的信号。因此,在此双耳信号 BR 中,与声学信号处理系统 301 中的双耳信号 BR 相比,其中出现声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟的波段的分量被进一步减少。

[0135] 因此,在步骤 S23 中,按照与图 8 中步骤 S3 的处理类似的方式进行串扰补偿处理,并且在步骤 S24 中,按照与图 8 中步骤 S3 的处理类似的方式从扬声器 112L 和 112R 输出声音,由此终止声学信号处理。

[0136] 如上所述,在声学信号处理系统 401 中,与声学信号处理系统 301 相比,在双耳信号 BR 中,声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟出现的波段的分量减少。因此,与最终提供给扬声器 112R 的声学信号 SRout 波段相同的分量减少,并且与从扬声器 112R 输出的声音的相同的波段的电平也降低。

[0137] 但是,在听者 102 的阴影侧耳朵周围,就稳定再现声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟的波段的电平而言,这不会施加不利影响。因此,在声学信号处理系统 401 中,可以按照与声学信号处理系统 301 类似的方式,稳定上下方向和前后方向中声音的局域化。

[0138] 此外,因为在到达听者 102 两耳的声音中,声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟的波段的电平本身就小,所以电平的进一步下降不会对声音质量产生不利影响。

[0139] (4. 第三实施例)

[0140] 下面参照图 11 和图 12 描述应用了本技术的根据第三实施例的声学信号处理系统。

[0141] (声学信号处理系统 501 的配置示例)

[0142] 图 11 是示出根据本技术第三实施例的声学信号处理系统 501 的功能配置示例的示意图。在附图中,与图 9 相对应的部件采用相同的附图标记,并视情况省略其描述,以避免多余描述。

[0143] 图 11 所示声学信号处理系统 501 与图 9 所示声学信号处理系统 401 的不同在于,设置声学信号处理单元 511 来代替声学信号处理单元 411。声学信号处理单元 511 包括窄沟形成均衡器 331 和听觉传输集成处理单元 521。听觉传输集成处理单元 521 包括信号处理单元 541L 和 541R。

[0144] 窄沟形成均衡器 331 是与图 9 所示窄沟形成均衡器 331L 和 331R 类似的均衡器。因此,与窄沟形成均衡器 331L 和 331R 的声学信号类似的声学信号 Sin' 从窄沟形成均衡器 331 输出,并提供给信号处理单元 541L 和 541R。

[0145] 听觉传输集成处理单元 521 对声学信号 Sin' 进行集成了双耳化处理和串扰补偿处理的集成处理。例如,信号处理单元 541L 对声学信号 Sin' 进行通过方程式 (3) 表示的处理,并产生声学信号 SLout。

[0146] $SLout = \{HL*f1(G1, G2) + HR*f2(G1, G2)\} \times Sin' \dots (3)$

[0147] 该声学信号 SLout 是与声学信号处理系统 401 中的声学信号 SLout 类似的信号。

[0148] 类似地,例如,信号处理单元 541R 对声学信号 Sin' 进行通过方程式 (4) 表示的处理,并产生声学信号 SRout。

[0149] $SRout = \{HR*f1(G1, G2) + HL*f2(G1, G2)\} \times Sin' \dots (4)$

[0150] 该声学信号 SRout 是与声学信号处理系统 401 中的声学信号 SRout 类似的信号。

[0151] 通过这种方式,在听觉传输播放系统中,经常进行双耳化处理和串扰补偿处理的集成,以减少信号处理的负载。

[0152] 此外,在实现该集成处理时,通常用有限脉冲响应 (FIR) 滤波器来配置信号处理单元 541L 和 541R,因为待处理的信号的频率特性一般是复杂的。

[0153] 此时,如果在 FIR 滤波器中保证能够进行更高阶的处理以实现特性的充分再现的信号处理资源(其中将双耳化处理和串扰补偿处理组合),就没有问题。但是,一般而言,在

大多数情况下只能保证进行与必要阶相比更低阶的处理的信号处理资源。

[0154] 在这种类型的更低阶 FIR 滤波器中,难以保证幅值(增益)低于其外围的部分的特性,特别是在幅值-频率特性中。例如,由于更低阶的处理,在幅值-频率特性中出现的谷的形状退化,或者产生频移。

[0155] 因此,当信号处理单元 541L 和 541R 作为更低阶 FIR 滤波器安装时,信号处理单元 541L 和 541R 中窄沟形成均衡器 331 的处理的混合使得难以保证待形成的窄沟的特性。与此不同,通过将信号处理单元 541L 和 541R 外侧的窄沟形成均衡器 331 实施为无限脉冲响应(IIR)滤波器,可以更稳定地保证要通过窄沟形成均衡器 331 形成的窄沟的特性。

[0156] 另一方面,将窄沟形成均衡器 331 安装在信号处理单元 541L 和 541R 外侧时,不存在用于仅对声源侧的声学信号 S_{in} 进行窄沟形成处理的路径。因此,在声学信号处理单元 511 中,将窄沟形成均衡器 331 设置在信号处理单元 541L 和信号处理单元 541R 的前一阶段,在声源侧和声源相对侧两者都关于声学信号 S_{in} 进行窄沟形成处理,并将获得的信号提供给信号处理单元 541L 和 541R。也就是说,按照与声学信号处理系统 401 类似的方式,关于声源相对侧的声学信号 S_{in} ,叠加其中声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟实质上进一步加深的 HRTF。

[0157] 但是,如上所述,即使在声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟进一步加深时,对于声音的局域化以及上下方向和前后方向中的声音质量也没有不利影响。相反地,当由于信号处理单元 541L 和信号处理单元 541R 配置了更低阶 FIR 滤波器而导致幅值-频率特性的谷退化时,积极地加深声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟可能有效。

[0158] (通过声学信号处理系统 501 的声学信号处理)

[0159] 下面参照图 12 的流程图描述通过图 11 所示声学信号处理系统 501 执行的声学信号处理。

[0160] 在步骤 S41 中,窄沟形成均衡器 331 在声源侧和声源相对侧的声学信号 S_{in} 上形成与声源相对侧的 HRTF 的窄沟的波段相同的窄沟。也就是说,窄沟形成均衡器 331 减弱在声学信号 S_{in} 的分量中、与声源相对侧的 HRTF 的第一窄沟和第二窄沟的波段相同的分量。窄沟形成均衡器 331 将作为减弱的结果获得的声学信号 S_{in}' 提供给信号处理单元 541L 和 541R。

[0161] 在步骤 S42 中,听觉传输集成处理单元 521 进行听觉传输集成处理。具体而言,如参照图 11 所述,信号处理单元 541L 按照集成的方式,对声学信号 S_{in}' 进行用于产生要从扬声器 112L 输出的声学信号的双耳化处理和串扰补偿处理,产生声学信号 SL_{out} ,并将声学信号 SL_{out} 提供给扬声器 112L。类似地,如参照图 11 所述,信号处理单元 541R 按照集成的方式,对声学信号 S_{in}' 进行用于产生要从扬声器 112R 输出的声学信号的双耳化处理和串扰补偿处理,产生声学信号 SR_{out} ,并将声学信号 SR_{out} 提供给扬声器 112R。

[0162] 在步骤 S43 中,按照与图 8 中步骤 S4 的处理类似的方式,从扬声器 112L 和 112R 输出声音,由此终止声学信号处理。

[0163] 通过这种操作,同样在声学信号处理系统 501 中,由于前面关于声学信号处理系统 401 的相同原因,可以稳定上下方向和前后方向中声音的局域化。此外,与声学信号处理系统 401 相比,一般可期望减少信号处理的负载。

[0164] (5. 修改示例)

[0165] 下面描述本技术实施例的修改示例。

[0166] (修改示例 1:产生多个虚拟扬声器的情况)

[0167] 在以上描述中,描述了仅产生一个虚拟扬声器(虚拟声源)的示例。另一方面,在产生两个以上虚拟扬声器的情况下,例如,并行为每个虚拟扬声器提供如图 7 所示声学信号处理单元的声学信号处理单元 311、如图 9 所示声学信号处理单元的声学信号处理单元 411 或者如图 11 所示声学信号处理单元的声学信号处理单元 511 是足够的。

[0168] 在并行提供声学信号处理单元 311 的情况下,例如,将对应于虚拟扬声器的声源侧的 HRTF 和声源相对侧的 HRTF 应用于每个声学信号处理单元 311 是足够的。在从声学信号处理单元 311 输出的声学信号中,将用于左扬声器的声学信号汇总并提供给左扬声器,将用于右扬声器的声学信号汇总并提供给右扬声器。

[0169] 此外,在这种情况下,对于每个虚拟扬声器可以只提供双耳化处理单元 321,因此可以共享串扰补偿处理单元 122。

[0170] 此外,类似地,在并行提供声学信号处理单元 411 的情况下,例如,将对应于虚拟扬声器的声源侧的 HRTF 和声源相对侧的 HRTF 应用于每个声学信号处理单元 411 是足够的。在从声学信号处理单元 411 输出的声学信号中,将用于左扬声器的声学信号汇总并提供给左扬声器,将用于右扬声器的声学信号汇总并提供给右扬声器。

[0171] 此外,同样在这种情况下,对于每个虚拟扬声器可以只提供双耳化处理单元 421,因此可以共享串扰补偿处理单元 122。

[0172] 此外,在并行提供声学信号处理单元 511 的情况下,例如,将对应于虚拟扬声器的声源侧的 HRTF 和声源相对侧的 HRTF 应用于每个声学信号处理单元 511 是足够的。在从声学信号处理单元 511 输出的声学信号中,将用于左扬声器的声学信号汇总并提供给左扬声器,将用于右扬声器的声学信号汇总并提供给右扬声器。

[0173] 图 13 是用于示意性示出音频系统 601 的功能配置实例的方框图,音频系统 601 被配置为利用左右前置扬声器,从预定聆听位置的左前斜上方位置和右前斜上方位置的两个位置处的两个虚拟扬声器输出虚拟声音。

[0174] 音频系统 601 包括播放器装置 611、音频/视频(AV)放大器 612、前置扬声器 613L 和 613R、中心扬声器 614 以及后置扬声器 615L 和 615R。

[0175] 播放器装置 611 是至少可以播放 6 声道声学信号的播放器装置,包括前左、前右、前中心、后左、后右、前左上和前右上的声道。例如,播放器装置 611 将通过播放记录介质 602 中记录的 6 声道声学信号获得的前左声学信号 FL、前右声学信号 FR、前中心声学信号 C、后左声学信号 RL、后右声学信号 RR、前左斜上方声学信号 FHL 和前右斜上方声学信号 FHR 输出。

[0176] AV 放大器 612 包括声学信号处理单元 621L 和 621R、加法单元 622L 和 622R、以及放大器单元 623。

[0177] 声学信号处理单元 621L 配置有图 7 所示的声学信号处理单元 311、图 9 所示的声学信号处理单元 411 或者图 11 所示的声学信号处理单元 511。声学信号处理单元 621L 对应于前左斜上方虚拟扬声器,与虚拟扬声器相对应的声源侧的 HRTF 以及声源相对侧的 HRTF 被应用于前左斜上方虚拟扬声器。

[0178] 声学信号处理单元 621L 对声学信号 FHL 进行上文参照图 8、图 10 或图 12 所述的

声学信号处理,并产生作为声学信号处理的结果而获得的声学信号 FHLL 和 FHRL。声学信号处理单元 621L 将声学信号 FHLL 提供给加法单元 622L,将声学信号 FHRL 提供给加法单元 622R。

[0179] 按照与声学信号处理单元 621L 类似的方式,声学信号处理单元 621R 配置有图 7 所示的声学信号处理单元 311、图 9 所示的声学信号处理单元 411 或者图 11 所示的声学信号处理单元 511。声学信号处理单元 621R 对应于前右斜上方虚拟扬声器,与虚拟扬声器相对应的声源侧的 HRTF 以及声源相对侧的 HRTF 被应用于前右斜上方虚拟扬声器。

[0180] 声学信号处理单元 621R 对声学信号 FHR 进行上文参照图 8、图 10 或图 12 所述的声学信号处理,并产生作为声学信号处理的结果而获得的声学信号 FHRL 和 FHRR。声学信号处理单元 621L 将声学信号 FHRL 提供给加法单元 622L,将声学信号 FHRR 提供给加法单元 622R。

[0181] 加法单元 622L 通过汇总声学信号 FL、声学信号 FHLL 以及声学信号 FHRL,产生声学信号 FLM,并将声学信号 FLM 提供给放大器单元 623。

[0182] 加法单元 622L 通过汇总声学信号 FR、声学信号 FHRL 以及声学信号 FHRR,产生声学信号 FRM,并将声学信号 FRM 提供给放大器单元 623。

[0183] 放大器单元 623 将声学信号 FLM 放大为声学信号 RR,并将放大的信号分别提供给前置扬声器 613L 和后置扬声器 615。

[0184] 前置扬声器 613L 和前置扬声器 613R 例如被对称地布置在预定聆听位置前面。前置扬声器 613L 输出基于声学信号 FLM 的声音,而前置扬声器 613R 输出基于声学信号 FRM 的声音。通过此操作,在聆听位置的听者体验到声音从实际上布置在前左斜上方位置和前右斜上方位置的两个位置的虚拟扬声器以及从前置扬声器 613L 和 613R 输出。

[0185] 中心扬声器 614 例如被布置在聆听位置的前中心。中心扬声器 614 输出基于声学信号 C 的声音。

[0186] 后置扬声器 615L 和后置扬声器 615R 例如被对称地布置在聆听位置后面。后置扬声器 615L 输出基于声学信号 RL 的声音,而后置扬声器 615R 输出基于声学信号 RR 的声音。

[0187] (修改示例 2:修改声学信号处理单元的配置的示例)

[0188] 此外,例如,在图 7 所示的双耳化处理单元 321 中可以按顺序改变窄沟形成均衡器 331L 和双耳信号产生单元 131L。类似地,在图 9 所示的双耳化处理单元 421 中,可以按顺序改变窄沟形成均衡器 331L 和双耳信号产生单元 131L,以及按顺序改变窄沟形成均衡器 331R 和双耳信号产生单元 131R。

[0189] 此外,例如,在图 9 所示的双耳化处理单元 421 中可将窄沟形成均衡器 331L 和窄沟形成均衡器 331R 集成为一个。

[0190] (修改示例 3:修改虚拟扬声器的位置的示例)

[0191] 以上描述主要有关于将虚拟扬声器布置在聆听位置的左前斜上方位置的情况。但是,本技术在将虚拟扬声器布置在从聆听位置的前中心平面向左侧或右侧偏离的位置的所有情况下都有效。例如,本技术在将虚拟扬声器布置在聆听位置的左后斜上方位置或者右后斜上方位置的情况下也有效。此外,例如,本技术在将虚拟扬声器布置在聆听位置的左前斜下方位置或者右前斜下方位置,以及将虚拟扬声器布置在聆听位置的左后斜下方位置或者右后斜下方位置的情况下也有效。此外,例如,本技术在将虚拟扬声器布置在实际扬声器

的前方或后方或者实际扬声器的左方或右方的情况下也有效。

[0192] (修改示例 4:修改用于产生虚拟扬声器的扬声器的布置的示例)

[0193] 此外,为了简化说明,以上描述主要有关于通过利用关于聆听位置对称地布置在前面的扬声器来产生虚拟扬声器的情况。但是,在本技术中,扬声器不一定关于聆听位置对称地布置在前面。例如,可以关于聆听位置不对称地布置在前面。此外,在本技术中,不一定将扬声器布置在聆听位置的前面,也可以布置在除了聆听位置前面之外的位置(例如,聆听位置后面)。此外,根据布置扬声器的地点,需要视情况改变用于串扰补偿处理的函数。

[0194] 本技术例如可以应用于为了实现虚拟环绕系统的各种装置和系统,例如上述 AV 放大器。

[0195] (计算机的配置示例)

[0196] 上述一系列处理可以通过硬件执行,也可以通过软件执行。当通过软件执行一系列处理时,将构成软件的程序安装在计算机中。计算机包括合并专用硬件中的计算机,通过安装各自程序,可以执行各种功能的计算机,例如通用个人计算机等等。

[0197] 图 14 是示出用于通过程序执行上述一系列处理的计算机的硬件的配置实例的方框图。

[0198] 在计算机中,经由总线 804 将中央处理器 (CPU) 801、只读存储器 (ROM) 802 和随机存取存储器 (RAM) 803 相互连接。

[0199] 输入/输出接口 805 连接到总线 804。输入单元 806、输出单元 807、存储单元 808、通信单元 809 和驱动器 810 连接到输入/输出接口 805。

[0200] 输入单元 806 包括键盘、鼠标、麦克风等等。输出单元 807 包括显示器、扬声器等等。存储单元 808 包括硬盘、非易失性存储器等等。通信单元 809 包括网络接口等等。驱动器 810 驱动可移动介质 811,例如磁盘、光盘、磁光盘或者半导体存储器。

[0201] 在按照上述方式配置的计算机中,例如,通过 CPU801 经由输入/输出接口 805 和总线 804 将存储单元 808 中存储的程序载入 RAM803 并执行程序,执行上述一系列处理。

[0202] 通过计算机 (CPU801) 执行的程序例如可通过记录在可移动介质 811 (例如封装介质) 中来提供。此外,程序可经由有线或无线传输介质 (例如局域网、互联网和数字卫星广播) 来提供。

[0203] 在计算机中,可通过将可移动介质 811 插入驱动器 810 的动作,经由输入/输出接口 805 将程序安装在存储单元 808 中。此外,可经由有线或无线传输介质,通过通信单元 809 接收程序并安装在存储单元 808 中。此外,可事先将程序安装在 ROM802 或者存储单元 808 中。

[0204] 通过计算机执行的程序可以是沿着本说明书所述序列,按照时间顺序进行处理的程序,也可以是并行进行处理或者被调用时在适当的定时进行处理的程序。

[0205] 此外,在本说明书中,系统指的是一组多个组成元件 (装置、模块 (部件) 等等), 并且不管全部组成元件是否都在同一外壳中。因此,容纳在独立外壳中并经由网络连接的多个装置以及包括单个外壳中容纳的多个模块的单个装置都是系统。

[0206] 此外,本技术的实施例不限于上述实施例,在不脱离本技术主旨的条件下可以做出各种修改。

[0207] 例如,本技术可以采用云计算配置,其中按照分布和共享的形式经由网络通过多

个装置来处理单个功能。

[0208] 此外,上述流程图中所述的步骤可通过单个装置执行,也可以按照分布的方式通过多个装置执行。

[0209] 此外,当单个步骤包括多个处理时,单个步骤中包括的多个处理可通过单个装置执行,也可以按照分布的方式通过多个装置执行。

[0210] 此外,例如,本技术采用以下配置。

[0211] (1) 一种声学信号处理设备,包括:

[0212] 第一双耳化处理单元,被配置为通过将虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数叠加在声学信号上,产生第一双耳信号,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;

[0213] 第二双耳化处理单元,被配置为通过减弱在通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述声学信号上获得的信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二双耳信号,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段;以及

[0214] 串扰补偿处理单元,被配置为进行串扰补偿处理,用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰,所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0215] (2) 根据(1)的声学信号处理设备,其中

[0216] 所述第一双耳化处理单元被配置为通过减弱所述第一双耳信号的分量中的所述第一波段和所述第二波段的分量,产生第三双耳信号,以及

[0217] 所述串扰补偿处理单元被配置为关于所述第二双耳信号和所述第三双耳信号进行串扰补偿处理。

[0218] (3) 根据(1)或(2)的声学信号处理设备,其中所述预定频率为在所述第一头部相关传递函数的4kHz附近、出现正峰的频率。

[0219] (4) 一种声学信号处理方法,包括:

[0220] 通过将虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数叠加在声学信号上,产生第一双耳信号,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;

[0221] 通过减弱在通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述声学信号上获得的信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二双耳信号,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段;以及

[0222] 进行串扰补偿处理,用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一

扬声器与第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰,所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0223] (5) 一种程序,用于使得计算机执行:

[0224] 通过将虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数叠加在声学信号上,产生第一双耳信号,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;

[0225] 通过减弱在通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述声学信号上获得的信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二双耳信号,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的第一头部相关传递函数的振幅的波段中的最低波段和次最低波段;以及

[0226] 进行串扰补偿处理,用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰,所述第一扬声器位于关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0227] (6) 一种计算机可读记录介质,其中存储有根据(5)的程序。

[0228] (7) 一种声学信号处理设备,包括:

[0229] 减弱单元,被配置为通过减弱第一声学信号的分量中的第一波段和第二波段的分量,产生第二声学信号,所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的、虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段,所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离,所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧;以及

[0230] 信号处理单元,被配置为按照集成的方式进行以下处理:

[0231] 用于通过将所述第一头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第一双耳信号,以及通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第二双耳信号的处理,所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧,以及

[0232] 用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号,消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰的处理,所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧,所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0233] (8) 根据(7)的声学信号处理设备,其中所述预定频率为在所述第一头部相关传递函数的4kHz附近、出现正峰的频率。

[0234] (9) 根据(7)或(8)的声学信号处理设备,其中

[0235] 所述减弱单元包括无限脉冲响应 (IIR) 滤波器, 以及

[0236] 所述信号处理单元包括有限脉冲响应 (FIR) 滤波器。

[0237] (10) 一种声学信号处理方法, 包括:

[0238] 通过减弱第一声学信号的分量中的第一波段和第二波段的分量, 产生第二声学信号, 所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的、虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段, 所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离, 所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧; 以及

[0239] 按照集成的方式进行以下处理:

[0240] 用于通过将所述第一头部相关传递函数叠加在第二声学信号上产生第一双耳信号, 以及通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第二双耳信号的处理, 所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧, 以及

[0241] 用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号, 消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰的处理, 所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧, 所述第二扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0242] (11) 一种程序, 用于使得计算机执行:

[0243] 通过减弱第一声学信号的分量中的第一波段和第二波段的分量, 产生第二声学信号, 所述第一波段和所述第二波段分别是其中深度等于或大于预定深度的负峰出现在频率等于或大于预定频率处的虚拟声源与第一耳朵之间的第一头部相关传递函数的幅值的波段中的最低波段和次最低波段, 所述虚拟声源从预定聆听位置处的前中心平面向左侧或右侧偏离, 所述第一耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的远侧; 以及

[0244] 按照集成的方式进行以下处理,

[0245] 用于通过将所述第一头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第一双耳信号, 以及通过将所述虚拟声源与第二耳朵之间的第二头部相关传递函数叠加在所述第二声学信号上产生第二双耳信号的处理, 所述第二耳朵在所述聆听位置处位于所述虚拟声源的近侧, 以及

[0246] 用于关于所述第一双耳信号和所述第二双耳信号, 消除第一扬声器与所述第一耳朵之间的声学传递特性、第二扬声器与所述第二耳朵之间的声学传递特性、从所述第一扬声器到所述第二耳朵的串扰以及从所述第二扬声器到所述第一耳朵的串扰的处理, 所述第一扬声器位于在关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第一耳朵的近侧, 所述第二扬声器在位于关于所述聆听位置对称布置的扬声器之间的第二耳朵的近侧。

[0247] (12) 一种计算机可读记录介质, 其中存储有根据 (11) 的程序。

[0248] 附图标记

[0249] 101 声学信号处理系统

[0250] 102 听者

[0251] 103L, 103R 耳朵

- [0252] 111 声学信号处理系统
- [0253] 112L, 112R 扬声器
- [0254] 113 虚拟扬声器
- [0255] 121 双耳化处理单元
- [0256] 122 串扰补偿处理单元
- [0257] 131L, 131R 双耳信号产生单元
- [0258] 141L-142R 信号处理单元
- [0259] 143L, 143R 加法单元
- [0260] 301 声学信号处理系统
- [0261] 311 声学信号处理单元
- [0262] 321 双耳化处理单元
- [0263] 331, 331L, 331R 窄沟形成均衡器
- [0264] 401 声学信号处理系统
- [0265] 411 声学信号处理单元
- [0266] 421 双耳化处理单元
- [0267] 501 声学信号处理系统
- [0268] 511 声学信号处理单元
- [0269] 521 听觉传输集成处理单元
- [0270] 541L, 541R 信号处理单元
- [0271] 601 音频系统
- [0272] 612 AV 放大器
- [0273] 621L, 621R 声音信号处理单元
- [0274] 622L, 622R 加法单元

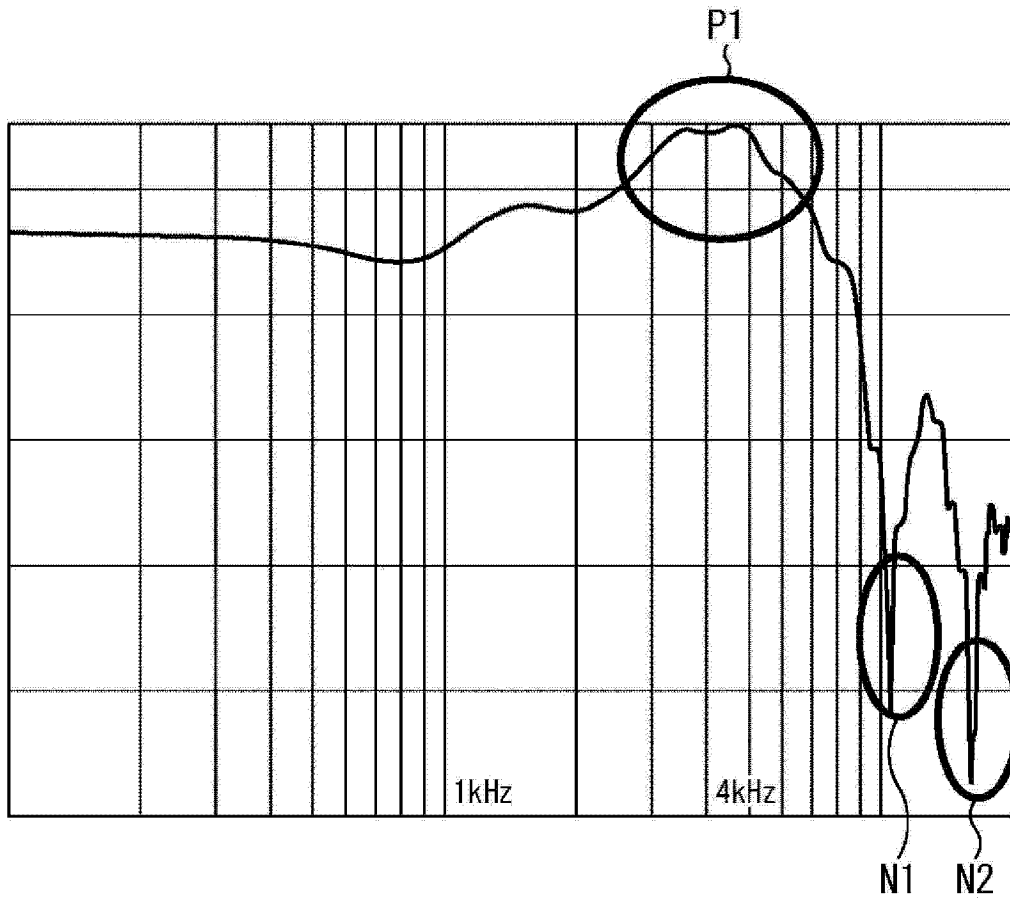


图 1

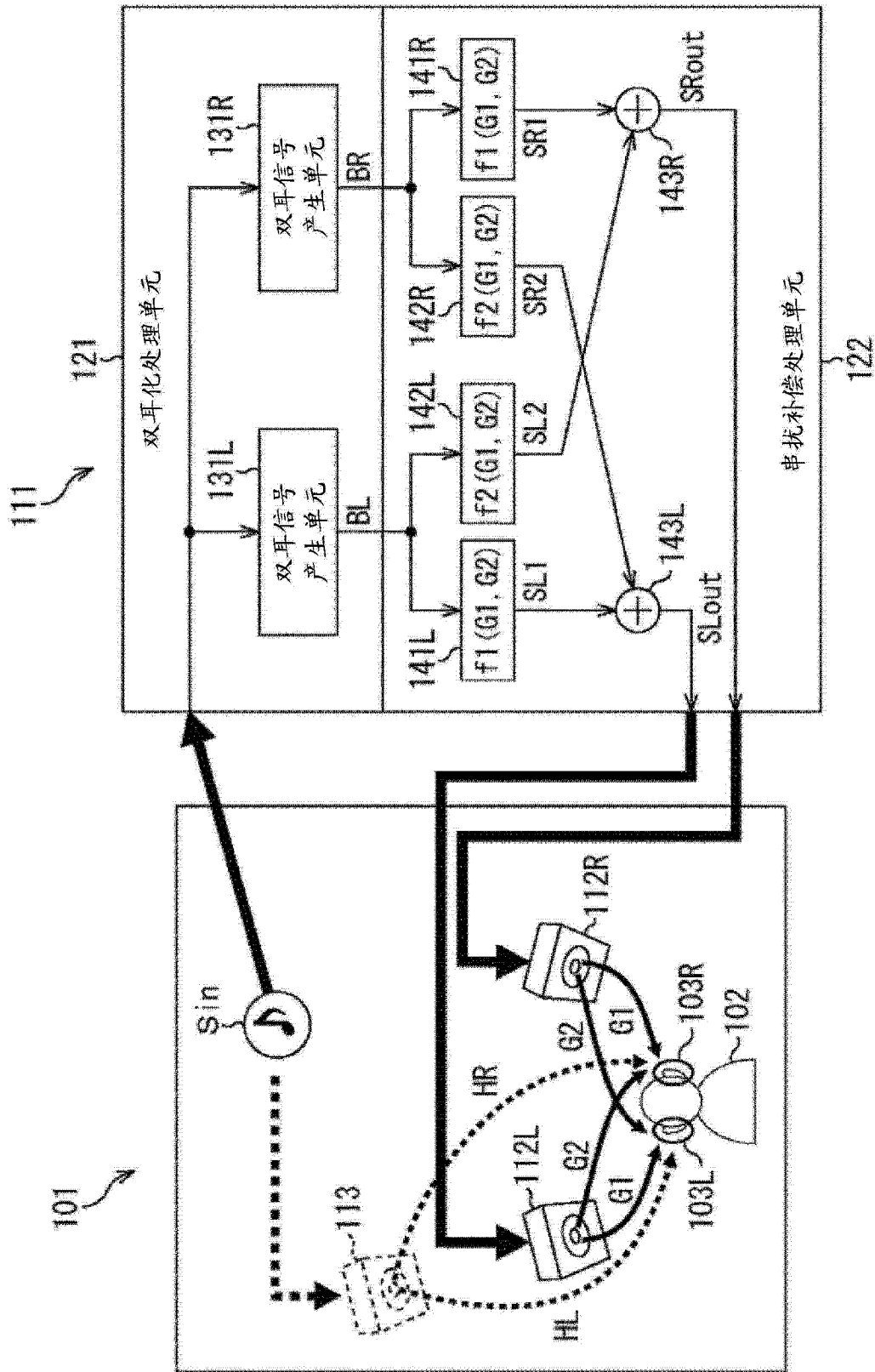


图 2

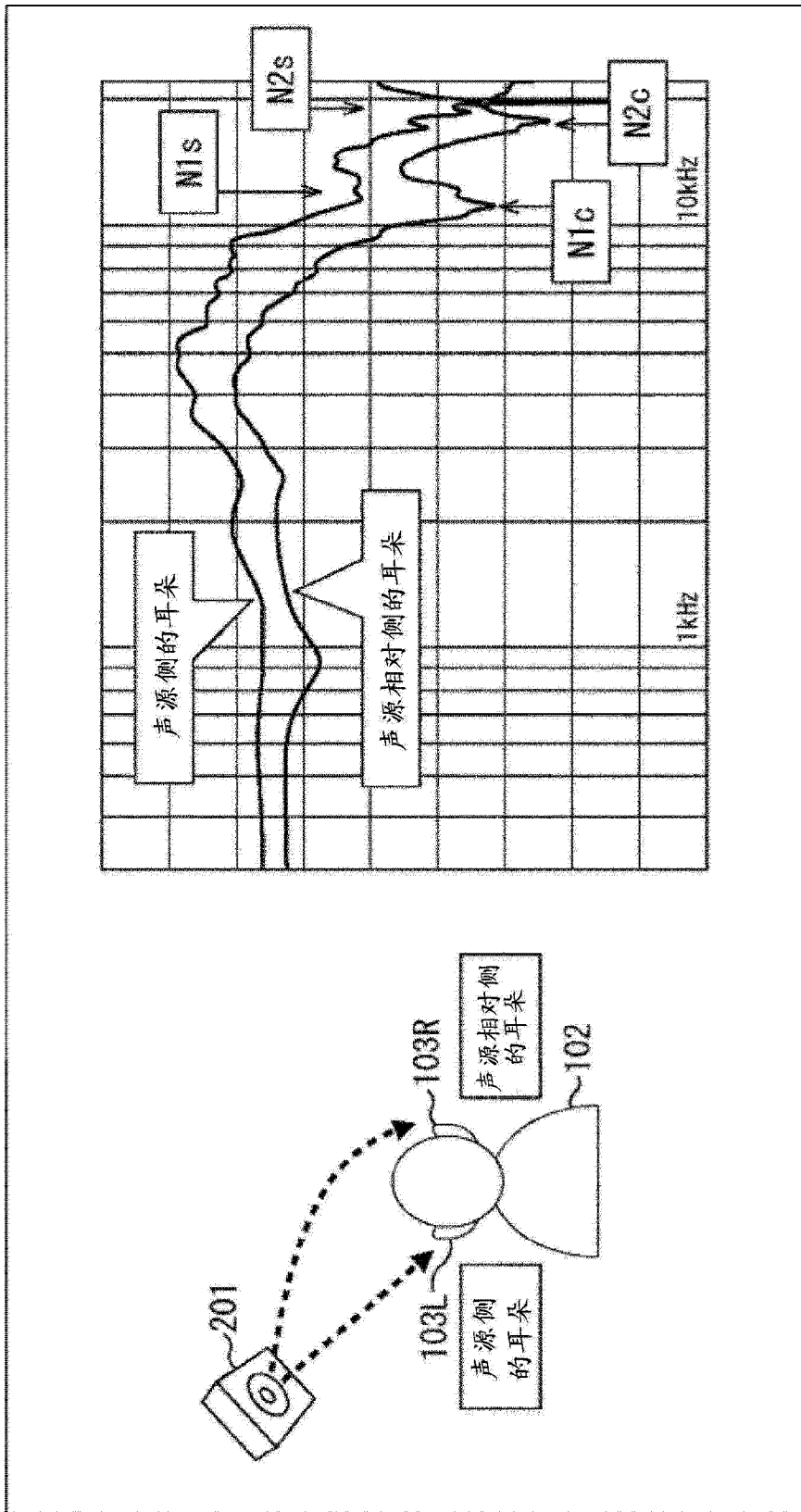


图 3

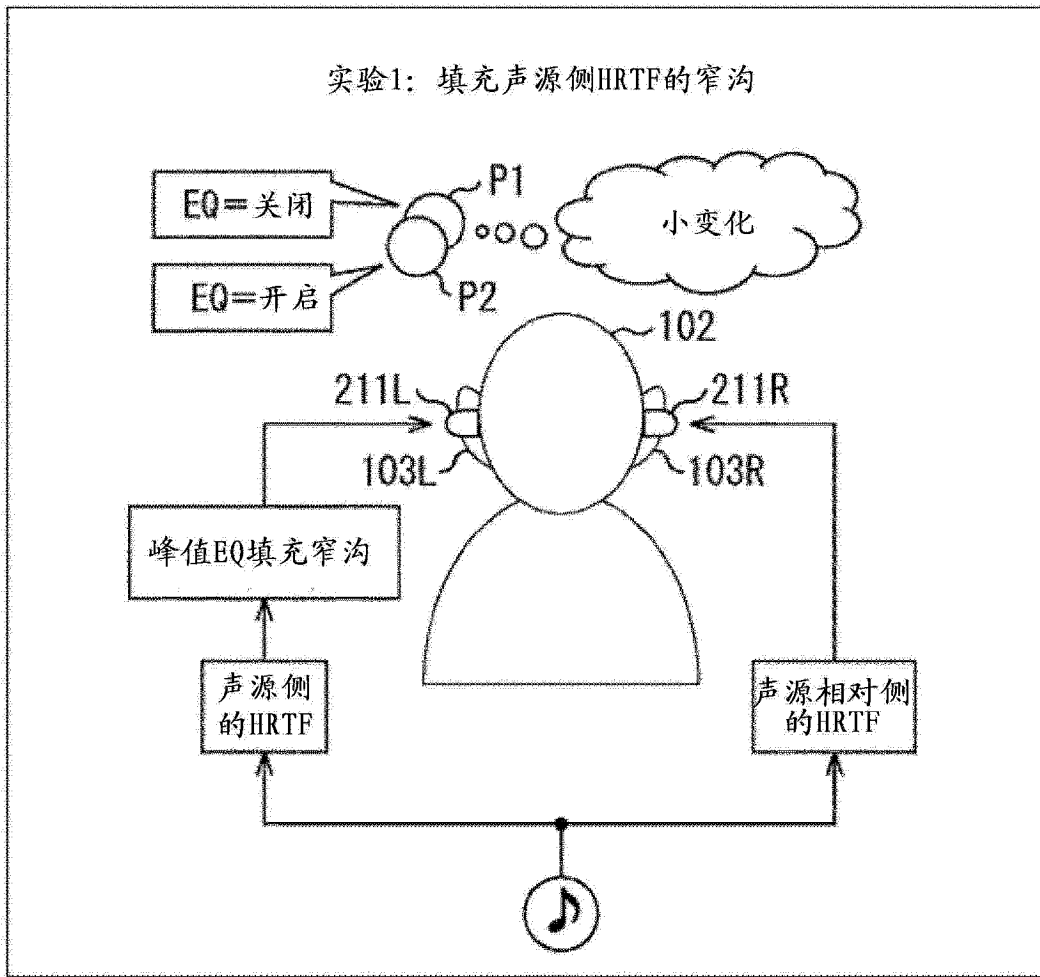


图 4

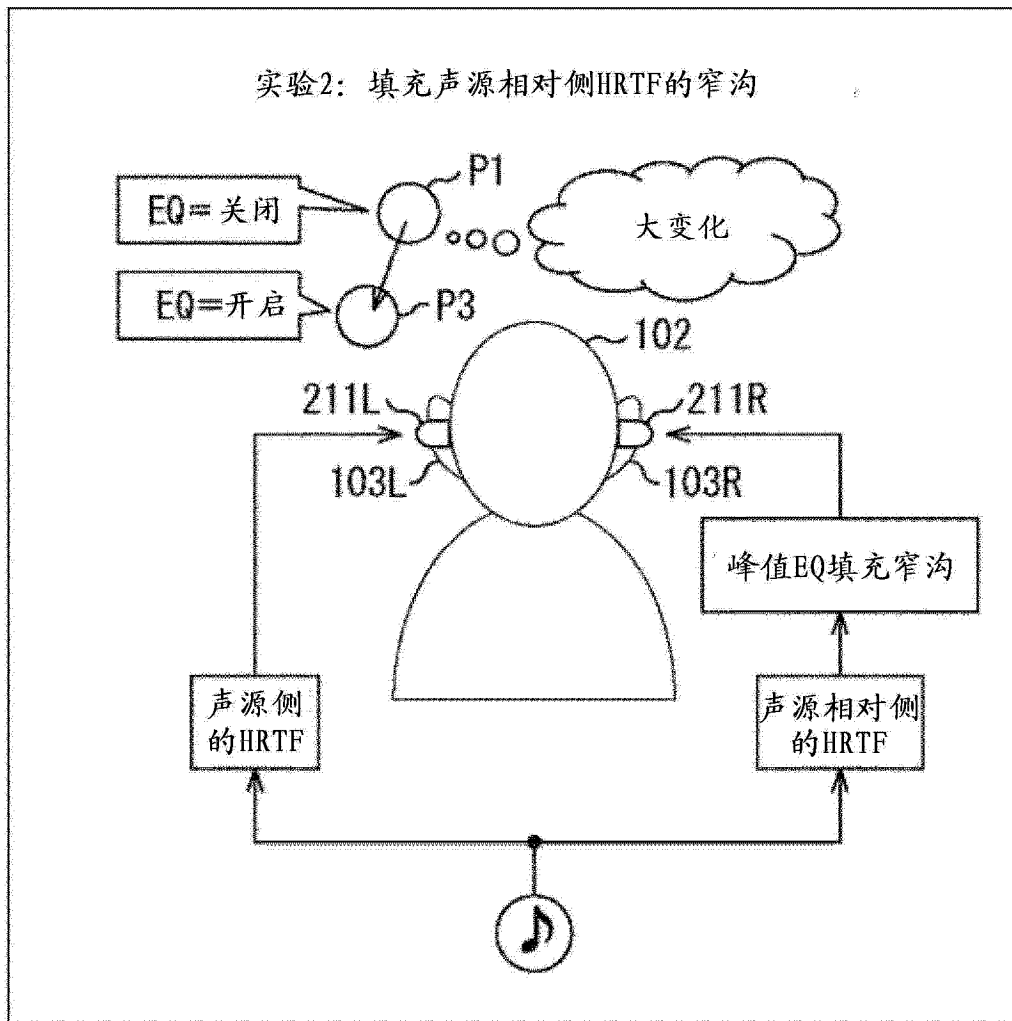


图 5

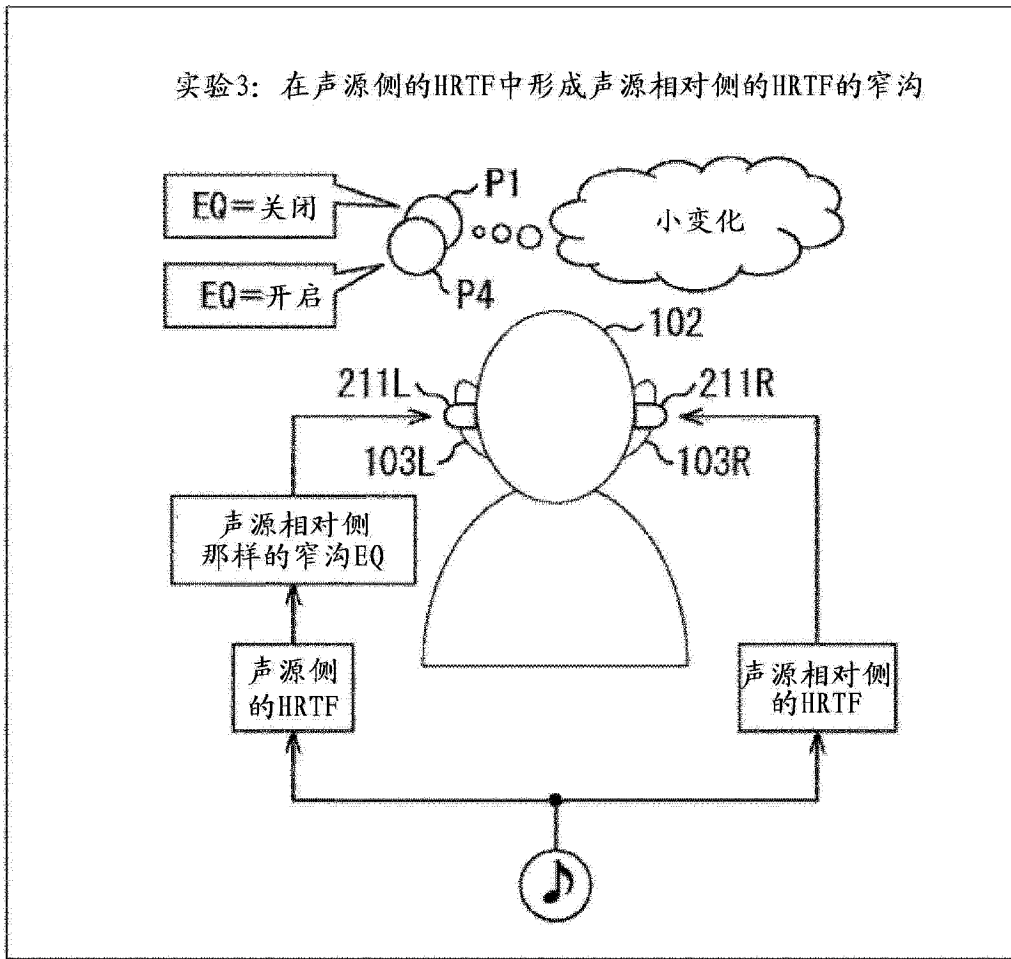


图 6

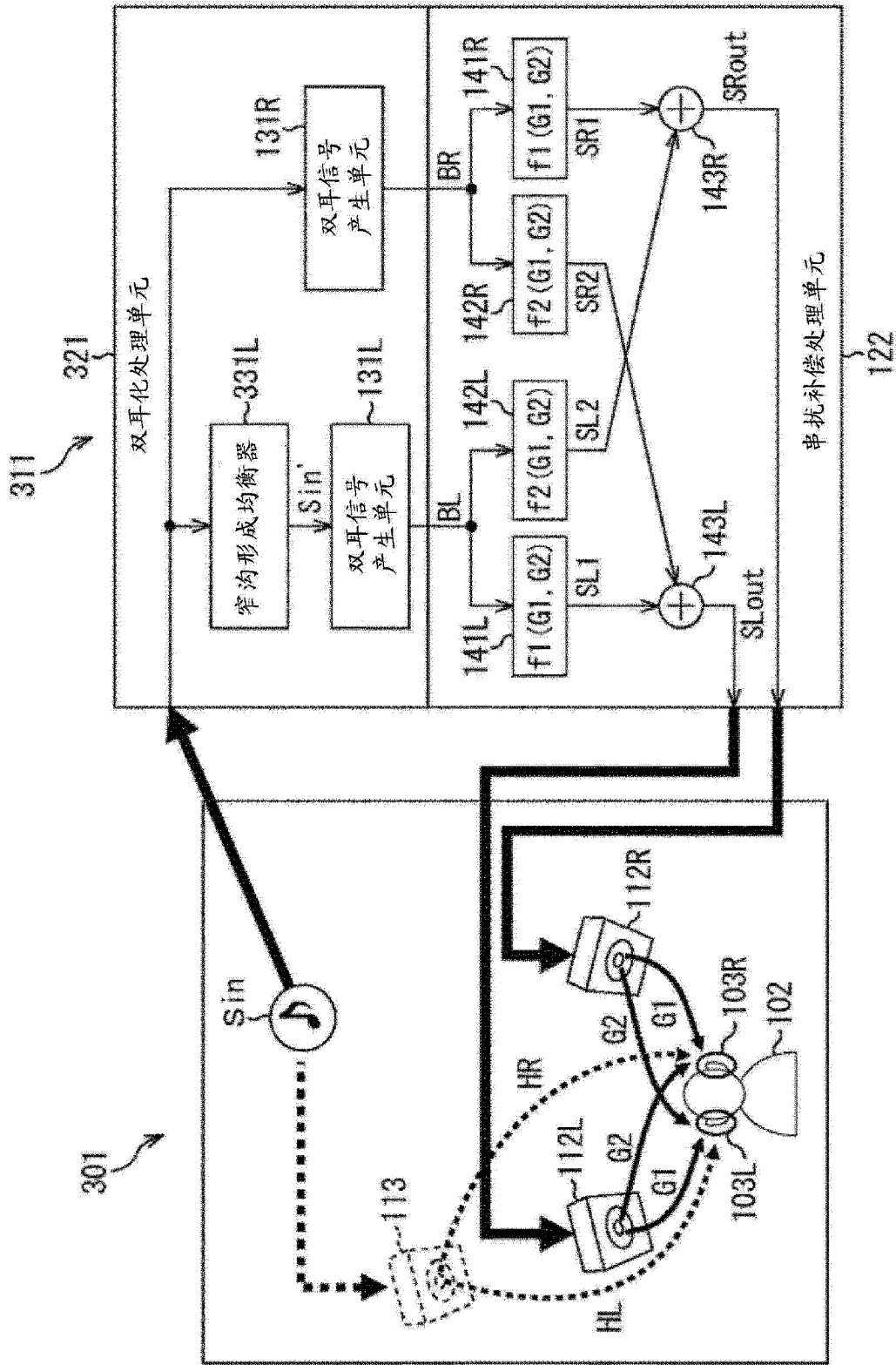


图 7

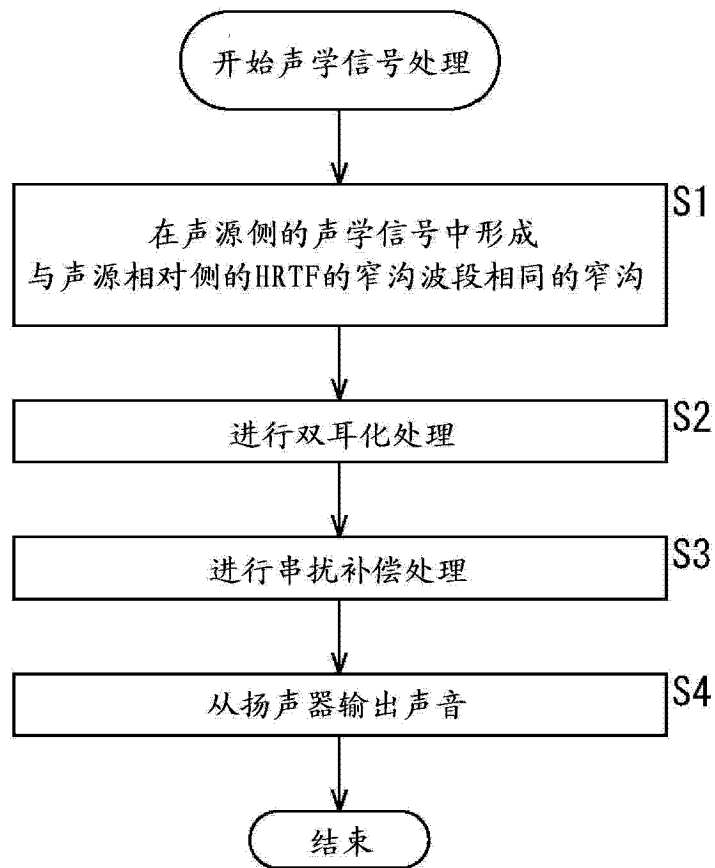


图 8

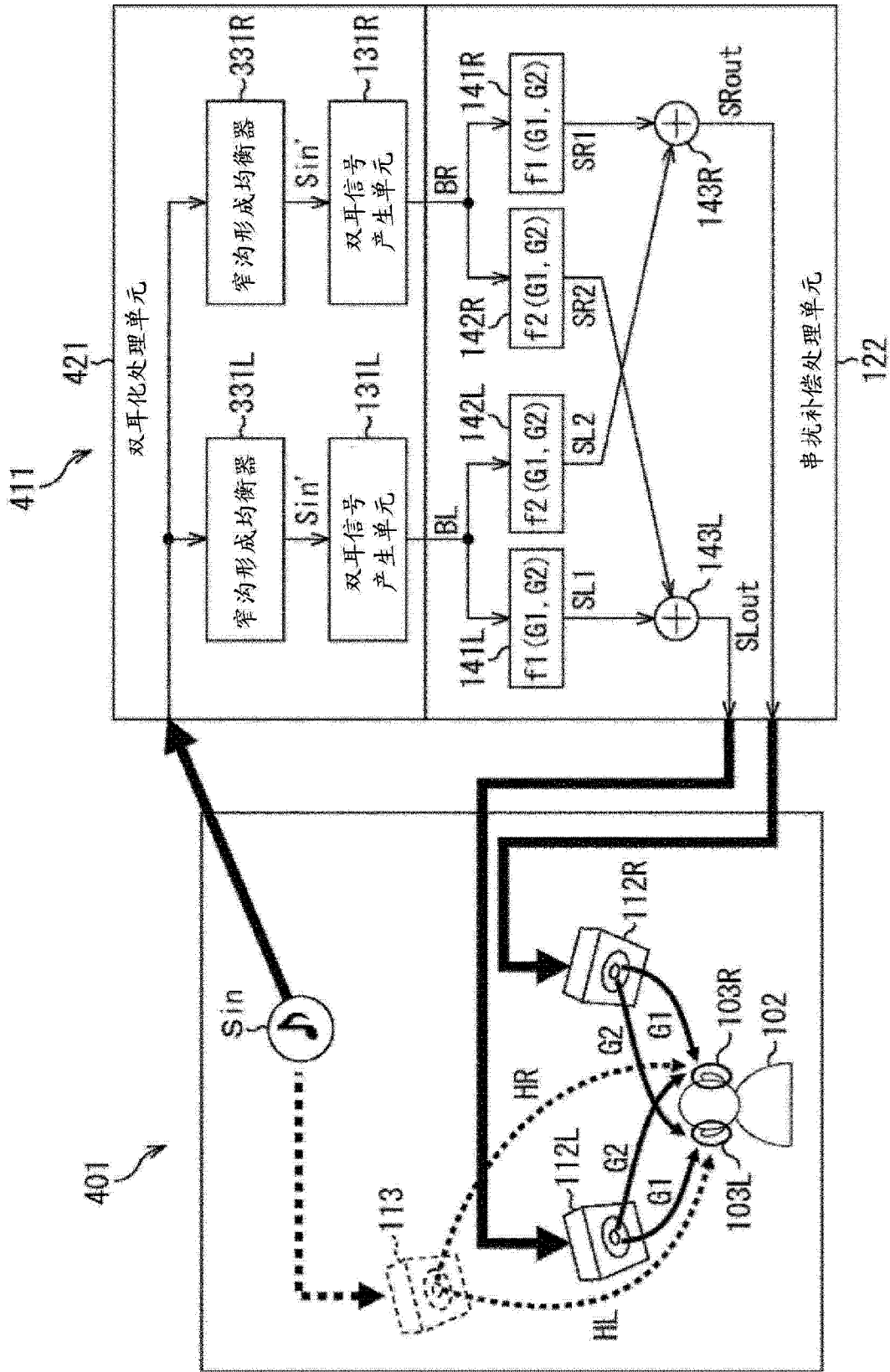


图 9

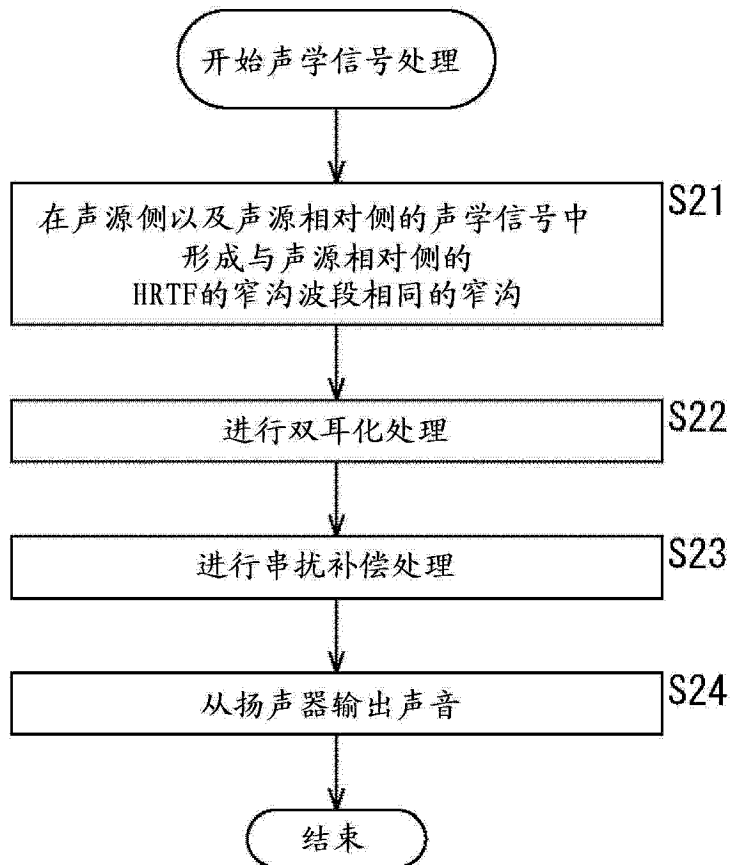


图 10

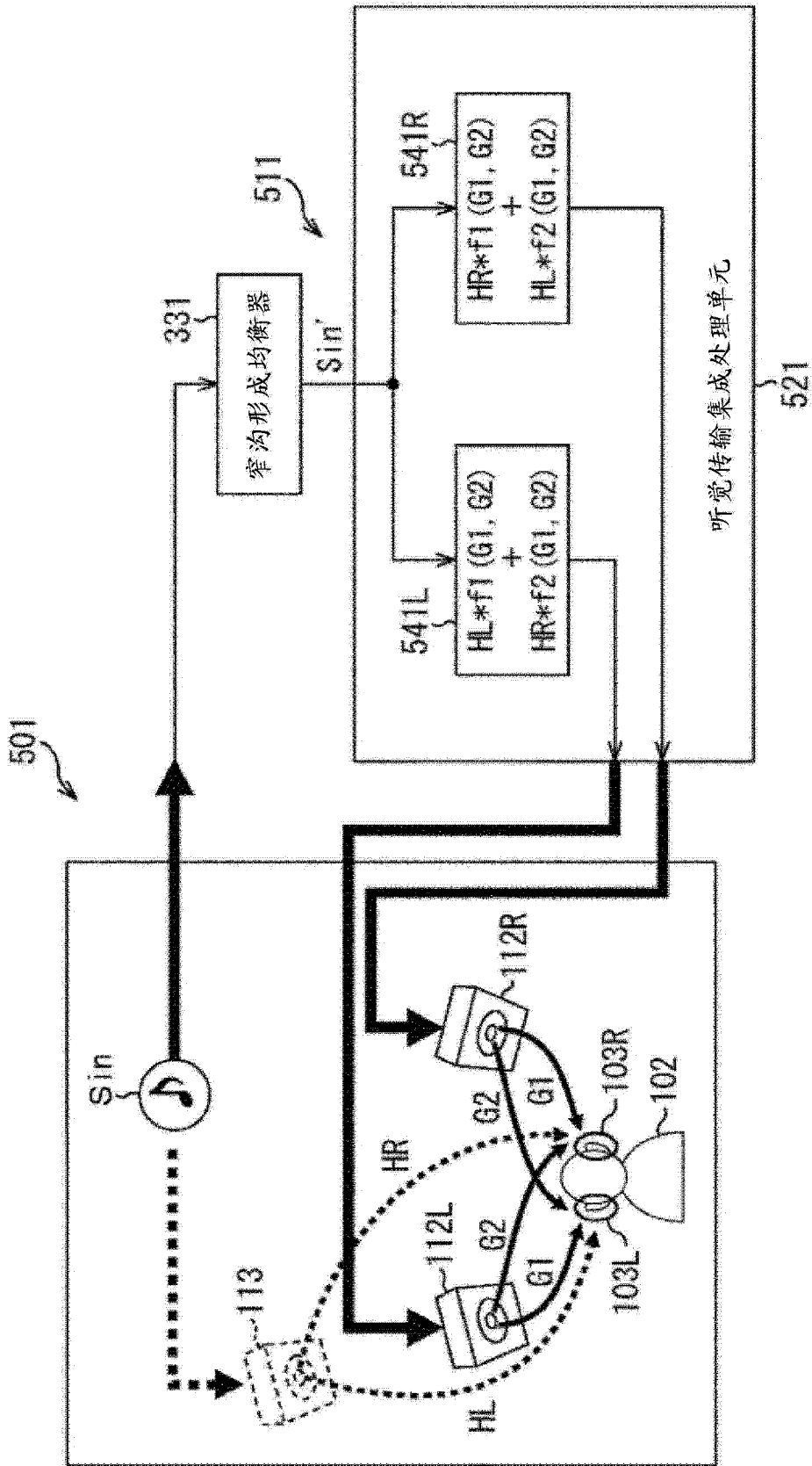


图 11

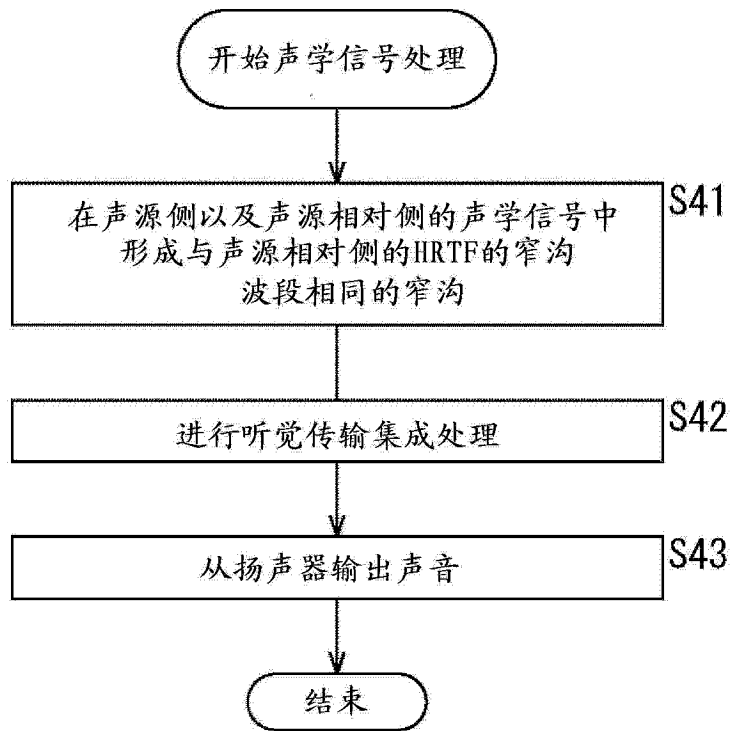


图 12

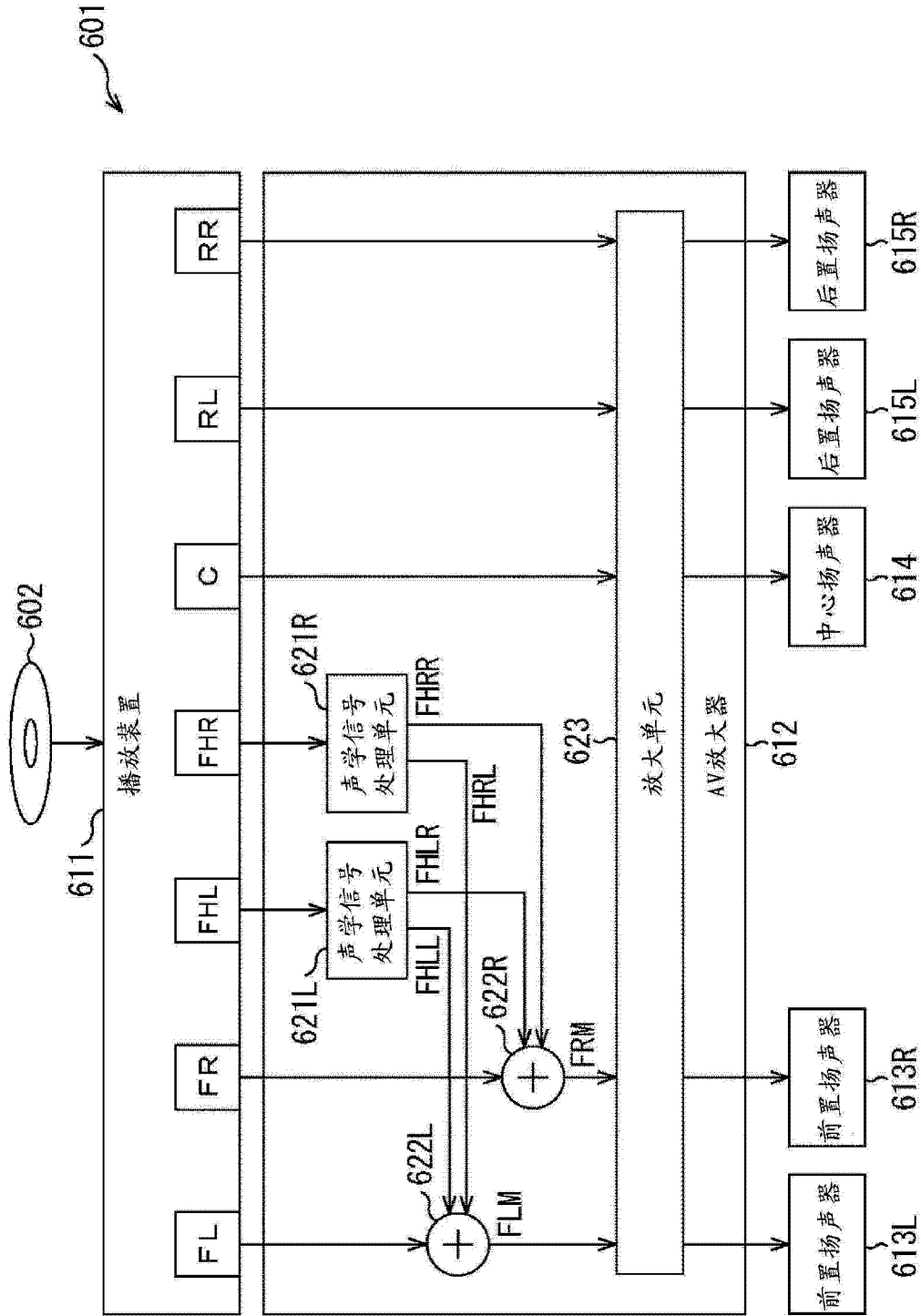


图 13

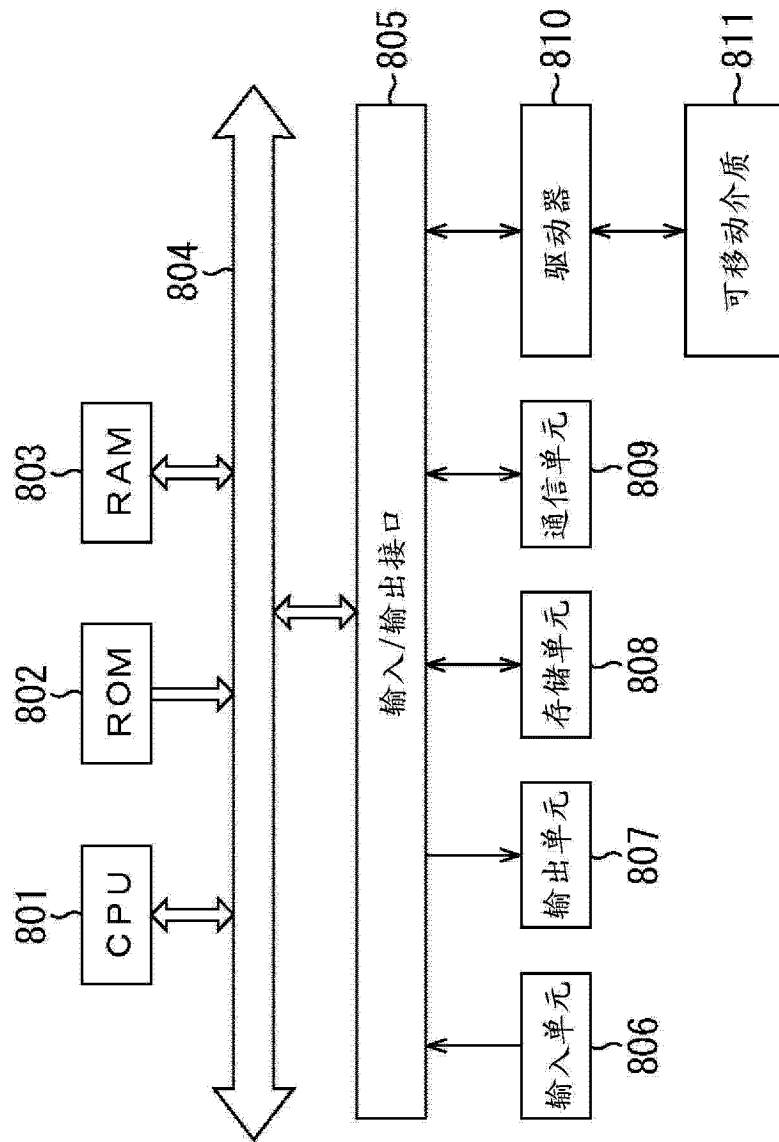


图 14