



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118413794 A

(43) 申请公布日 2024. 07. 30

(21) 申请号 202410117493.0

(22) 申请日 2024.01.29

(30) 优先权数据

23153965.1 2023.01.30 EP

(71) 申请人 索诺瓦公司

地址 瑞士施泰法

(72) 发明人 G·库尔图伊斯

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

专利代理师 李光颖

(51) Int. Cl.

H04R 25/00 (2006.01)

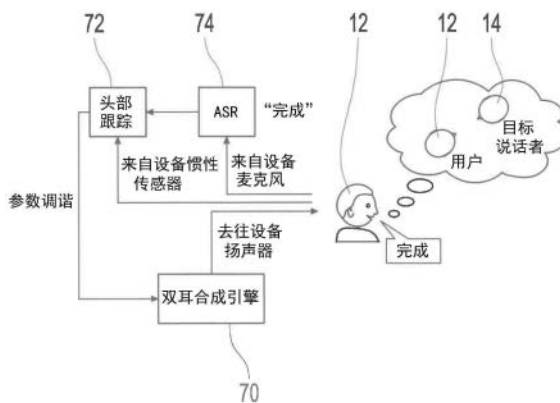
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

双耳听力系统的自适应方法

(57) 摘要

提供了一种由用户(12)佩戴的双耳听力系统(10)的自适应方法,所述双耳听力系统(10)包括至少一个运动传感器(28、38);第一听力设备(20),其包括用于刺激所述用户的第一耳朵的第一输出换能器(22);以及第二听力设备(30),其包括用于刺激所述用户的第二耳朵的第二输出换能器(32)。所述方法包括:在所述双耳听力系统中实施当前适配配置;生成表示虚拟听觉场景的空间化双耳音频信号,所述虚拟听觉场景至少包括在相对于所述用户的给定角度位置处的第一音频源(14);经由所述双耳听力系统向所述用户再现所述空间化双耳音频信号;指导所述用户将头部转向所述第一音频源;经由所述至少一个运动传感器测量所述用户的相应头部移动;根据所测量的头部移动来估计所述用户在所述双耳听力系统的所述当前适配配置下的空间声音识别能力;并且基于所估计的用户的空间声音识别能力来维持或修改所述当前适配配置。



1. 一种由用户(12)佩戴的双耳听力系统(10)的自适应方法,所述双耳听力系统包括:
第一听力设备(20),其包括用于刺激所述用户的第一耳朵的第一输出换能器(22);以及
第二听力设备(30),其包括用于刺激所述用户的第二耳朵的第二输出换能器(32),
所述双耳听力系统(10)还包括至少一个运动传感器(28、38),所述方法包括:
在所述双耳听力系统中实施当前适配配置;
生成表示虚拟听觉场景的空间化双耳音频信号,所述虚拟听觉场景至少包括在相对于
所述用户的给定角度位置处的第一音频源(14);
经由所述双耳听力系统向所述用户再现所述空间化双耳音频信号;
指导所述用户将头部转向所述第一音频源;
经由所述至少一个运动传感器测量所述用户的相应头部移动;
根据所测量的头部移动来估计所述用户在所述双耳听力系统的所述当前适配配置下
的空间声音识别能力;并且
基于所估计的用户的空间声音识别能力来维持或修改所述当前适配配置。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,针对不同的适配配置迭代进行所述方法,以便通
过使预期的头部移动与所测量的头部移动之间的偏差最小化来优化关于所述用户的空间
声音识别能力的适配配置。
3. 根据权利要求1和2中的任一项所述的方法,其中,所述虚拟听觉场景包括被布置在
相对于所述用户(12)的第二角度位置处的第二音频源(16),其中,指导所述用户将所述头
部转向所述第二音频源,其中,所述用户的所述相应头部移动是经由所述至少一个运动传
感器(28、38)测量的,并且其中,所述用户在所述听力系统的所述当前适配配置下的空间声
音识别能力是根据所测量的头部移动来估计的。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述第一音频源(14)是目标说话者,并且所述第
二音频源(16)是竞争说话者。
5. 根据前述权利要求中的任一项所述的方法,其中,所述虚拟听觉场景包括扩散噪声。
6. 根据前述权利要求中的任一项所述的方法,其中,所述虚拟听觉场景的参数被改变
以执行不同的头部移动测量,所述参数特别是所述第一音频源(14)和/或所述第二音频源
(16)的水平、距离和/或偏航角和/或扩散噪声的水平。
7. 根据前述权利要求中的任一项所述的方法,其中,经由由所述双耳听力系统(10)再
现的指令音频信号指导所述用户(12)。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述用户(12)提供对所述指令音频信号的语音反
馈,所述语音反馈是经由自动言语识别来识别的。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述听力设备(20、30)中的每个听力设备包括用
于捕捉所述用户的语音反馈的麦克风装置(24、34),并且其中,所述双耳听力系统(10)将表
示所述用户的语音反馈的音频信号传输到执行所述自动言语识别的附件设备(50)。
10. 根据权利要求8和9中的任一项所述的方法,其中,所述指令音频信号包括由所述第
一音频源呈现的关键词,其中,指导所述用户重复所述关键词,并且其中,所述语音反馈包
括所述用户对所述关键词的所述重复。
11. 根据前述权利要求中的任一项所述的方法,其中,所述至少一个运动传感器包括所

述第一听力设备(20)中的第一惯性传感器(28)和所述第二听力设备(30)中的第二惯性传感器,并且其中,所述第一惯性传感器和所述第二惯性传感器包括加速度计和/或陀螺仪。

12.根据前述权利要求中的任一项所述的方法,其中,所述空间化双耳音频信号是通过以下操作生成的:(1)使用一组默认的HRTF,或者(2)使用从多个预先设置中选择的一组通用HRTF,使得所述一组通用HRTF与所述用户的感知最佳匹配,或者(3)使用利用附件设备和由所述用户佩戴的所述双耳听力系统测量的一组HRTF。

13.根据前述权利要求中的任一项所述的方法,其中,所述适配配置的适配参数包括宽动态范围压缩量,所述宽动态范围压缩量是通过压缩拐点、波束形成器模式、噪声降低量和/或混响降低量来确定的。

14.根据前述权利要求中的任一项所述的方法,其中,以下操作是在与双耳听力系统(10)通信性耦合的附件设备(50)上执行的:生成表示所述虚拟听觉场景的所述空间化双耳音频信号;根据所测量的头部移动来估计所述用户在所述听力系统的所述当前适配配置下的空间声音识别能力;和/或基于所估计的用户在所述当前适配配置下的空间声音识别能力来评估所述当前适配配置。

15.一种自适应装置,包括:

双耳听力系统(10),其包括:

第一听力设备(20),其包括用于刺激用户(12)的第一耳朵的第一输出换能器(22);以及

第二听力设备(30),其包括用于刺激所述用户的第二耳朵的第二输出换能器(32),

所述双耳听力系统(10)还包括至少一个运动传感器(28、38);

附件设备(50),其被通信性耦合到所述双耳听力系统;

其中,所述附件设备被配置为:

通过设置所述听力系统中的相应参数在所述双耳听力系统中实施当前适配配置,并且生成表示虚拟听觉场景的空间化双耳音频信号和指导所述用户将头部转向第一音频源(14)的指令音频信号,所述虚拟听觉场景至少包括被布置在相对于所述用户的给定角度位置处的所述第一音频源;

其中,所述双耳听力系统被配置为向所述用户再现所述空间化双耳音频信号和所述指令音频信号;并且

其中,所述附件设备还被配置为:

经由所述至少一个运动传感器测量所述用户的相应头部移动,

根据所测量的头部移动来估计所述用户在所述听力系统的所述当前适配配置下的空间声音识别能力;并且

基于所估计的用户的空间声音识别能力来维持或修改所述当前适配配置。

双耳听力系统的自适应方法

技术领域

[0001] 本发明涉及双耳听力系统的自适应方法。

背景技术

[0002] 提供听力损失补偿和言语增强的非处方听力设备(例如,不用处方的(OTC)助听器或消费者耳塞)的可用性和传播预计将在未来几年大幅增长(参见Leslie,M.的“New US Rules Promise to Unlock Hearing Aid Availability”(Engineering,2022年,第14卷,第7期,第7-9页)。由于没有听力保健专业人员参与这些设备的适配,一个突出的挑战是确保以相关和令人满意的方式为用户提供设备声音处理能力的调谐。这个流程被称为“自适应”。已知多种自适应原理。

[0003] 根据一个示例,提供纯音听力测试并相应地计算增益和压缩曲线;这在Apple AirPods Pro、Jabra Enhance Plus和Nuheara IQbuds2 MAX等商用设备中均可使用。

[0004] 根据W02020/214482A1,向助听器的用户提供问卷,从问卷中导出分数并将该分数映射到纯音平均值和言语识别表现。

[0005] 根据US2019/0166440A1,将通过不同声音处理修改的两个刺激呈现给助听器的用户,并且请求用户指示偏好;这个流程是迭代进行的,直到它收敛到一个最优和个人适配条件为止。

[0006] 根据US2022/191625A1,在没有声音的显示器上向助听器的用户显示多种环境情况,使得用户能够对相关性进行评级并报告在每个场景中遇到的听力困难;听力损失等级与每种情况相关联,这会操控助听器的适配。

[0007] 根据US2017/0070833A1,将来自适配声景的音频信号以大声级和轻声级呈现给助听器的用户,并且基于用户对助听器的输出的感知评估在原位执行适配。

[0008] 根据US2021/243535A1,合成并更改言语样本以测试或优化听力设备参数。

[0009] W02005/018275A2涉及听力设备的适配,其中,将包括语义的言语音频样本呈现给用户以供用户识别,然后用户复述所识别的句子/单词/音节;系统可以测试用户自己的言语生成。在W02010/117712A2中描述了一种类似的适配方法,其中,可以将例如包括VCV无意义单词的刺激发送给用户并且测量用户的反应。

[0010] 根据W02008/025858A2,听力保健专业人员根据用户对经由听力系统再现的来自现实生活声源的音频序列的空间感知的反馈来调整听力系统的参数设置;另外,可以与音频序列同步地向用户提供所述音频序列所属场景的可视化。

[0011] EP3930350A1描述了虚拟环境的声学表示,该虚拟环境可以包括多个源,例如,多人说话,这些源都可以被表示为使得他们的位置能够被真实地感知。

[0012] US2014/241537A描述了听力设备用户检测例如不同音素之间的转变以指示听力表现。

[0013] US2018/0227690A1涉及一种为与手持便携式电子设备耦合的耳机生成空间音频信号的方法,其中,确定手持便携式电子设备相对于用户的位置坐标并将该位置保存为语

音定位点。在电话呼叫期间,另一个人的声音被卷积,因此该语音在声音定位点处作为双耳声音从外部定位到这个人。

发明内容

[0014] 本发明的目的是提供一种双耳听力系统的自适应方法,该方法允许基本上保持用户的空间声音识别能力。另外的目的是提供对应的自适应装置。

[0015] 根据本发明,这些目的通过权利要求1中定义的方法和权利要求15中定义的装置来实现。

[0016] 本发明的有益之处在于,通过使用双耳听力系统的运动传感器在适配过程中监测用户的空间声音识别能力,能够容易地识别某些适配配置对用户的空间声音识别能力的负面影响,使得能够例如通过排除这种有害的适配配置来保持用户的空间声音识别能力。

[0017] 根据一个示例,可以针对不同的适配配置迭代进行所述方法,以便通过使预期的头部移动与所测量的头部移动之间的偏差最小化来优化关于所述用户的空间声音识别能力的适配配置。

[0018] 根据一个示例,所述虚拟听觉场景可以包括被布置在相对于所述用户的第二角度位置处的第二音频源,其中,指导所述用户将所述头部转向所述第二音频源,其中,所述用户的所述相应头部移动是经由所述至少一个运动传感器测量的,并且其中,所述用户在所述听力系统的所述当前适配配置下的空间声音识别能力是根据所测量的头部移动来估计的。例如,所述第一音频源可以是目标说话者,并且所述第二音频源可以是竞争说话者。另外,所述虚拟听觉场景可以包括扩散噪声。

[0019] 根据一个示例,所述虚拟听觉场景的参数可以被改变以执行不同的头部移动测量,所述参数特别是所述第一音频源和/或所述第二音频源的水平、距离和/或偏航角和/或扩散噪声的水平。

[0020] 根据一个示例,可以经由由所述双耳听力系统再现的指令音频信号指导所述用户。

[0021] 根据一个示例,所述用户可以提供对所述指令音频信号的语音反馈,所述语音反馈是经由自动言语识别来识别的。例如,自动言语识别可以从限于不超过200个单词的数据库中识别单词。另外,所述听力设备中的每个听力设备可以包括用于捕捉所述用户的语音反馈的麦克风装置。例如,捕捉所述用户的语音反馈可以利用声学波束形成和/或基于用户语音的先前记录的言语特征提取。所述双耳听力系统可以将表示所述用户的语音反馈的音频信号传输到执行所述自动言语识别的附件设备。所述指令音频信号可以包括由所述第一音频源呈现的关键词,其中,可以指导所述用户重复所述关键词,并且其中,所述语音反馈可以包括所述用户对所述关键词的所述重复。

[0022] 根据一个示例,在开始测量头部移动之前,所述用户可以经历校准过程以提供针对所述头部移动的绝对参考。

[0023] 根据一个示例,所述至少一个运动传感器可以包括所述第一听力设备中的第一惯性传感器和所述第二听力设备中的第二惯性传感器。例如,所述第一惯性传感器和所述第二惯性传感器可以包括加速度计和/或陀螺仪。另外,每个听力设备可以包括用于辅助所述惯性传感器的磁力计。

[0024] 根据一个示例,可以通过使用默认的一组头部相关的传递函数(HRTF)来生成空间化双耳音频信号。根据另一示例,可以通过使用从多个预先设置中选择的一组通用HRTF而使得所述一组通用HRTF与所述用户的感知最佳匹配来生成空间化双耳音频信号。根据另外的示例,可以通过使用利用附件设备和由所述用户佩戴的所述双耳听力系统测量的一组HRTF来生成空间化双耳音频信号。

[0025] 根据一个示例,所述适配配置的适配参数可以包括宽动态范围压缩量,所述宽动态范围压缩量是通过压缩拐点、波束形成器模式、噪声降低量和/或混响降低量来确定的。

[0026] 根据一个示例,以下操作可以是在与双耳听力系统通信性耦合的附件设备上执行的:生成表示所述虚拟听觉场景的所述空间化双耳音频信号;根据所测量的头部移动来估计所述用户在所述听力系统的所述当前适配配置下的空间声音识别能力;和/或基于所估计的用户在所述当前适配配置下的空间声音识别能力来评估所述当前适配配置。例如,所述附件设备可以是智能手机。

[0027] 在从属权利要求中定义了本发明的优选实施例。

附图说明

[0028] 在下文中,将参考附图来说明本发明的示例,其中:

[0029] 图1是包括双耳听力系统和附件设备的自适应装置的示例的示意图;

[0030] 图2是在自适应期间向双耳听力系统的用户提供的虚拟听觉场景的示意图;

[0031] 图3A、图3B图示了由用户双耳听力系统在自适应期间执行的空间声音识别和声源分离任务的示例;

[0032] 图4是在自适应期间使用自动言语识别的示例的示意图;并且

[0033] 图5是用于双耳听力系统的自适应方法的示例的示意图。

具体实施方式

[0034] 下文中使用的“听力设备”是适合用于通过刺激用户听力来再现声音的任何耳级元件,例如,电声助听器、骨传导助听器、有源听力保护设备、诸如耳蜗植入物、无线头戴受话器、耳塞、耳机等听力假体元件。

[0035] 下文中使用的双耳听力系统的特定“适配配置”是适配参数值(即,音频信号处理参数,例如,压缩拐点、噪声降低量和/或波束形成器模式)的特定设置。

[0036] 下文中使用的“空间化双耳音频信号”是当由双耳听力系统向用户再现时用户产生空间声音感知的音频信号。

[0037] 下文中使用的用户的“空间声音识别能力”是用户在由用户佩戴的双耳听力系统再现的空间化双耳音频信号中识别声源的感知方向的能力。

[0038] 下文中使用的用户的“空间声音分离能力”是用户在由用户佩戴的双耳听力系统作为单独声源再现的空间化双耳音频信号中辨别两个相邻(关于它们的角度位置,特别是关于方位)声源的能力。

[0039] 预计OTC助听器以及具有言语增强特征的消费者耳塞的主要消费者是那些自称患有听力障碍的人;这些自我报告的听力困难大多来自隐性听力损失者,而轻度/中度听力损失者较少(例如参见Edwards B.的“Emerging Technologies,Market Segments,and

MarkeTrak 10 Insights in Hearing Health Technology” (Semin Hear, 2020年, 第41卷, 第1期, 第37-54页)。

[0040] 众所周知,传统的听力测试(例如,听力图)无法为隐性听力损失者很好地适配听力设备。例如,一些特定的超阈值任务已被证明在隐性听力损失者中引起显著的困难,例如在竞争的空间分离的言语流中提取(即,从掩蔽中空间释放)感兴趣说话者的语音。这被假设为来自听觉系统执行的时间处理中的某种损害,例如,俯仰辨别和精细声音定位(参见DeNino等人的“Cutting Through the Noise: Noise-Induced Cochlear Synaptopathy and Individual Differences in Speech Understanding Among Listeners With Normal Audiograms” (Ear and Hearing, 2022年, 第43卷, 第1期, 第9-22页)。

[0041] 基于空间声音(特别是言语)识别或分离的自适应方法预计对优化听力设备参数的适配特别有效。这种方法可以得到以下措施的支持:(1)通过听力设备向用户呈现一致的刺激,(2)通过使用听力设备的惯性传感器跟踪用户的响应头部运动,以及(3)以不要求用户在自适应时间期间观看屏幕的方式收集用户反馈。

[0042] 图1是自适配装置的示例的示意图,该自适配装置包括经由无线链路60通信性耦合的双耳听力系统10和附件设备50。

[0043] 双耳听力系统10包括第一听力设备20和第二听力设备30,第一听力设备20包括用于刺激用户12的第一耳朵的第一输出换能器22,第二听力设备30包括用于刺激用户的第二耳朵的第二输出换能器32。听力设备20、30经由无线双耳链路62通信性耦合。听力设备20、30中的每个听力设备还包括用于从环境声音中捕捉音频信号的麦克风装置24、34、用于根据在存储器26、36中存储的当前适配配置来处理所捕捉的音频信号的音频信号处理单元25、35、惯性传感器28、38以及用于建立无线链路60、62的无线接口29、39。

[0044] 音频信号处理单元可以应用声学波束形成、包括适当压缩(例如,宽动态范围压缩(WDRC)、噪声降低、混响降低等)的听力损失相关增益模型。这种音频信号处理的参数包括例如压缩拐点、噪声降低量、波束形成器模式、宽动态范围压缩量和混响降低强度。惯性传感器28、38的输出也可以用于音频信号处理。听力设备可以通过经由双耳链路62交换数据和/或音频信号来协调它们的音频信号处理。经处理的音频信号在放大后由输出换能器22、32再现给用户12。

[0045] 惯性传感器28、38充当双耳听力系统10的运动传感器。虽然在本示例中听力设备20、30中的每个听力设备都包括单独的运动/惯性传感器,但是可能存在双耳听力系统的单个运动传感器就足够的示例,在这种情况下听力设备20、30中只有一个听力设备包括运动/惯性传感器。

[0046] 附件装置50包括用于建立与听力装置20、30的无线链路60的无线接口52、处理单元54、存储器56以及用于用户12的用户接口58(例如,触摸屏)。附件设备50还可以包括接口59,接口59用于经由互联网60连接到听力设备20、30的制造商的服务器62,以用于下载进行听力设备20、30的自适应流程所需的自适应应用程序和/或数据。根据一个示例,附件设备50可以是智能手机。

[0047] 在自适应流程中,通过在双耳听力系统10中(例如在听力设备20、30的存储器26、36中)设置相应的音频信号处理参数的特定值来在双耳听力系统中实施当前适配配置10。例如在附件设备50中生成表示虚拟听觉场景的空间化双耳音频信号(该虚拟听觉场景至少

包括被布置在相对于用户的第一位置处的第一音频源),并且经由听力设备20、30的输出换能器22、32向用户12再现该空间化双耳音频信号(可以经由无线链路60将该空间化双耳音频信号传输到听力设备20、30)。另外,(例如在附件设备50中)生成指导用户将头部转向第一音频源的指令音频信号并且经由听力设备20、30的输出换能器22、32将该指令音频信号再现给用户12。音频源相对于用户的位置可以由相对于用户的角度位置和与用户的距离来表征,其中,角度位置由方位角(偏航)和俯仰角(俯仰)来确定。典型地,俯仰角将不如方位角相关,并且在测试中可能相对较小且基本恒定,即,在许多情况下,虚拟听觉场景可以基本位于水平面中。

[0048] 然后,经由第一惯性传感器28和第二惯性传感器38确定用户12的结果得到的头部移动(其通常基本上是偏航头部移动)(例如可以经由无线链路60将相应的传感器信号发送到附件设备50,在附件设备50中计算头部移动)。根据所测量的头部移动,通过将所测量的头部移动与虚拟听觉场景中的第一音频源的角度位置进行比较,能够估计用户在听力系统的当前适配配置下的空间声音识别能力。惯性传感器28、38可以由加速度计和/或陀螺仪形成;另外,每个听力设备20、30可以包括用于辅助惯性传感器28、38的磁力计。

[0049] 然后,可以基于所估计的用户在当前适配配置下的空间声音识别能力来评估当前适配配置,并且根据评估结果,(如果结果令人满意的话)可以维持当前适配配置或者(如果结果指示用户的空间声音识别能力被当前适配配置恶化的话)可以修改当前适配配置。

[0050] 在图2和图3A、图3B中图示了这种自适应流程的示例,其中,图2示出了被合成为空间化双耳音频信号的典型虚拟场景的示例。当这种空间化双耳音频信号被再现时,用户12感知到可能包含至少三个组成成分(目标说话者14(形成相对于用户12以第一角度和第一距离定向的第一音频源——如上所述,在许多情况下,偏航比俯仰重要得多),其言语传达用户必须关注的消息;与目标说话者14空间分离的竞争说话者16(形成相对于用户12以第二角度和第二距离定向的第二音频源),其言语干扰目标说话者14;以及某种扩散噪声,例如,多路重合噪声)的虚拟环境。这种场景通常出现在酒吧或餐馆,其中对言语的理解受到挑战。

[0051] 能够通过所谓的双耳合成引擎70使用通用空间滤波器来实现声源14、16的空间化(参见图4和图5)。一组默认的HRTF(头部相关传递函数)可以用于每一个用户。替代地,用户可以首先在多个可用的预先设置中选择一组通用HRTF,使得所选择的这组通用HRTF的模拟位置与用户感知的位置相匹配。根据另外的替代方案,可以经由依赖于听力设备和智能手机的测量机制来记录用户的HRTF,例如如US2018/0227690A1中所示。值得注意的是,所选择的一组匹配良好的HRTF可以用于其他目的,例如在流媒体中创建3D音效,正如苹果的AirPods Pro已经提供的那样。

[0052] 可以系统地更改表征虚拟听觉场景的参数,以便实施不同的虚拟听觉场景。特别地,可以更改用户与说话者14、16之间的角度(特别是偏航)和距离、说话者14、16的言语水平以及扩散噪声水平,以优化自适应流程。

[0053] 空间识别和分离是真实环境中的言语清晰度的关键过程。某些适配参数的不适当设置可能会对用户的空间识别和分离能力产生负面影响。例如,已知在听力设备中使用的宽动态范围压缩(WDRC)会降低双耳声级差,这是听力系统用来定位空间声源的提示。因此,过大的WDRC强度可能会削弱用户执行声音分离的能力。因此,应当以保持用户的说话者分

离表现的方式来调整WDRC的量(实际上,WDRC的量由压缩拐点确定,使得能够通过相应地调整压缩拐点来调整WDRC的量)。类似地,过大的WDRC和/或混响降低算法强度可能导致较差的说话者距离辨别。因此,相关联的参数化应当确保用户的距离辨别能力得以保持。而且,某些波束形成器模式可能依赖于用户辨别空间分离的声源的能力。

[0054] 在本自适应方法中,可以在适配过程期间通过向用户呈现虚拟听觉场景来监测用户的空间声音识别能力,以便评估关于其保持用户的空间声音识别能力的表现的相应适配配置。因此,能够避免由于不适当的适配参数设置而导致的用户的空间声音识别能力的恶化。另外,还可以在适配过程期间通过使用虚拟听觉场景来监测用户的空间声音分离能力,以便还关于其保持用户的空间声音分离能力的表现来评估相应的适配配置。

[0055] 例如,可以以保持甚至提高用户的空间声音识别能力的方式来设置WDRC的量(通过调整压缩拐点)和/或混响降低量和/或噪声降低量和/或波束形成器模式。

[0056] 图3A和图3B中图示了用于评估用户12在空间上辨别目标说话者14和干扰/竞争说话者16的能力的头部移动跟踪的示例,其中,通过经由听力装置20、30呈现的适当音频信号指导用户12首先看向目标说话者14的方向(参见图3A),然后看向竞争说话者16的方向(参见图3B)。经由惯性传感器28、38测量结果得到的头部旋转并将其与虚拟听觉场景中的说话者14、16的角度位置进行比较。所测量的头部旋转的偏差程度指示用户的空间声音识别能力:偏差很小指示空间声音识别能力很好,而偏差很大指示空间声音识别能力很差。这个构思并不需要言语理解测试;相反,用户能够识别相应的(虚拟)说话者14、16的方向/位置就足够了。需要注意,头部跟踪算法通常将要求用户12首先通过校准过程向系统提供绝对参考(例如指向前方以定义 0° 取向)。

[0057] 另外,虚拟听觉场景还可以用于评估用户在相应的适配配置下的空间声音分离能力。为此,可以更改声源/说话者14和16之间的角度,以便找到它们之间的仍然允许用户将声源14、16感知为空间分离的声源的最小角度。该最小角度指示用户的空间声音分离能力:该角度越小,用户的空间声音分离能力就越好。

[0058] 在自适应流程期间,特别是在评估用户的空间声音识别能力期间,应当避免引起头部移动的用户与附件设备50的任何交互,以便不会干扰头部旋转测量。因此,应当经由听力设备20、30以听觉方式向用户12提供指令。另外,也可以以声学方式向听力设备20、30和附件设备提供用户对测试的反馈。

[0059] 例如,用户12可以向指令音频信号提供语音反馈,该语音反馈是经由自动言语识别(ASR)来识别的,正因如此,这是一种利用各种商业应用(如智能手机或汽车中的用户控制系统)的成熟技术。在图4中示意性地图示了这种用户反馈的示例,其中,用户12通过说出单词“完成”来指示他/她已经完成了先前指导的将头部指向(虚拟)目标说话者14的任务,使得能够继续进行自适应流程。这种语音反馈消除了用户看向附件设备50的需要,从而避免了不是由自适应过程的指令引起的头部移动。

[0060] 另外,ASR可以用于在收听虚拟听觉场景时对用户12进行言语理解测试,其中,虚拟目标说话者14在干扰说话者16和/或扩散噪声存在或不存在的条件下呈现关键词,其中,指导用户12重复关键词,并且其中,包括关键词重复的用户语音反馈经历ASR,以便识别用户是否正确理解关键词。关键词能够包括通常容易在听觉上错误识别为例如“移民/移居”的音节或单词。关键词能够形成包括语义的关键短语,其中,要求用户复述整个关键短语。

而且,在这种情况下,使用ASR允许用户提供反馈而无需例如与附件设备50的显示器进行交互,从而避免了不期望的头部移动。

[0061] 由于当系统必须从有限的数据库中识别单词时ASR工作得特别好,因此要识别的单词可能被特别限制为例如不超过200个单词。

[0062] 可以通过听力设备20、30的麦克风装置24、34捕捉用户的语音反馈;捕捉用户的语音反馈可以利用声学波束形成(其可以在音频信号处理单元25、35中实施),以便提高所捕捉的音频信号的SNR。可以经由无线链路60将所捕捉的用户的语音反馈(即,由音频信号处理单元25、35提供的经处理的音频信号)传送到附件设备50,附件设备50然后执行ASR。可以利用基于用户语音的先前记录的言语特征提取来改善ASR。

[0063] 如图4中示意性图示的,双耳合成引擎70生成虚拟听觉场景和经由听力设备20、30的输出换能器22、32呈现给用户12的指令。用户12通过由听力设备20、30的惯性传感器28、38检测到的头部移动和/或由听力设备20、30的麦克风装置24、34捕捉到的语音反馈来响应这种音频刺激。惯性传感器28、38的输出被提供给确定头部移动的头部跟踪单元72,并且由听力设备20、30提供的表示用户语音反馈的音频信号被提供给ASR单元74以用于识别音频信号中包含的单词/言语。ASR单元74的输出被提供给头部跟踪单元72,使得头部跟踪单元74能够识别例如用户何时完成了给定任务。头部跟踪单元72的输出用于评估当前适配配置并用于双耳合成引擎70所使用的音频信号处理参数的相应调整。

[0064] 图5中示出了自适应流程的示例的稍微更详细的示意图。

[0065] 听力设备麦克风24、34(可能使用波束形成器)捕捉用户的语音。如言语增强单元76所指示的,可以处理相关联的音频信号以仅提取言语特征(例如,用户语音的先前记录能够驱动这种增强)。然后将经处理的音频信号提供给ASR单元74,ASR单元74识别封闭集合的关键词或来自用户的方向识别任务已被执行的指示。在头部跟踪单元72中处理运动/惯性传感器28、38的信号以确定用户的头部偏航并实时跟踪用户头部的旋转。

[0066] 将ASR单元74和头部跟踪单元的输出作为输入而提供给表现评估单元78,该表现评估单元78基于这些输入来评估用户(在当前适配配置和当前虚拟听觉场景下)的表现,例如,在给定模拟环境中(即,在给定虚拟听觉场景中)正确重复关键词的能力、利用给定的一组声音处理参数(即,当前适配配置)指向目标说话者14和/或干扰说话者16的方向的能力等。根据所估计的用户表现,调整虚拟听觉场景的一些参数(在单元70A处指示的,例如,用户12与目标说话者14之间的距离、干扰说话者16和目标说话者16之间的角度等)和/或听力设备音频信号处理的一些参数(在单元70B处指示的,例如,压缩拐点、噪声降低量、波束形成器模式等)以向用户的耳朵提供新的双耳音频输出。重复该过程,直到它收敛到使用户的估计表现最大化的最优适配。

[0067] 注意,能够在附件设备50上外部化大多数信号处理以降低听力设备20、30中的电池消耗并获得更多的处理能力;这包括例如图5中以灰色示出的所有块/单元,即,言语增强(单元76)、ASR(单元74)、头部跟踪(单元72)、表现评估(单元78)和虚拟听觉场景的生成(单元70A)。

[0068] 自适应方法可以通过在附件设备50上安装对应的应用程序来实施。当已经开始了自适应流程时,应用程序可以通过提供相应的双耳音频信号来生成虚拟听觉场景。然后,该应用程序将虚拟听觉场景(即,双耳音频信号)传输到听力设备并为听力设备提供一组待测

试的参数。左听力设备20和右听力设备30利用所提供的参数集来处理无线传输的音频信号。左听力设备和右听力设备基于经处理的音频信号在用户的耳朵中再现声音。听力设备的运动传感器感知用户的头部运动和语音,并且以无线方式将相关联的信号传输到应用程序。该应用程序确定来自用户的反馈是否符合预期。然后,该应用程序使用新的虚拟听觉场景和/或新的听力设备参数集返回起点。

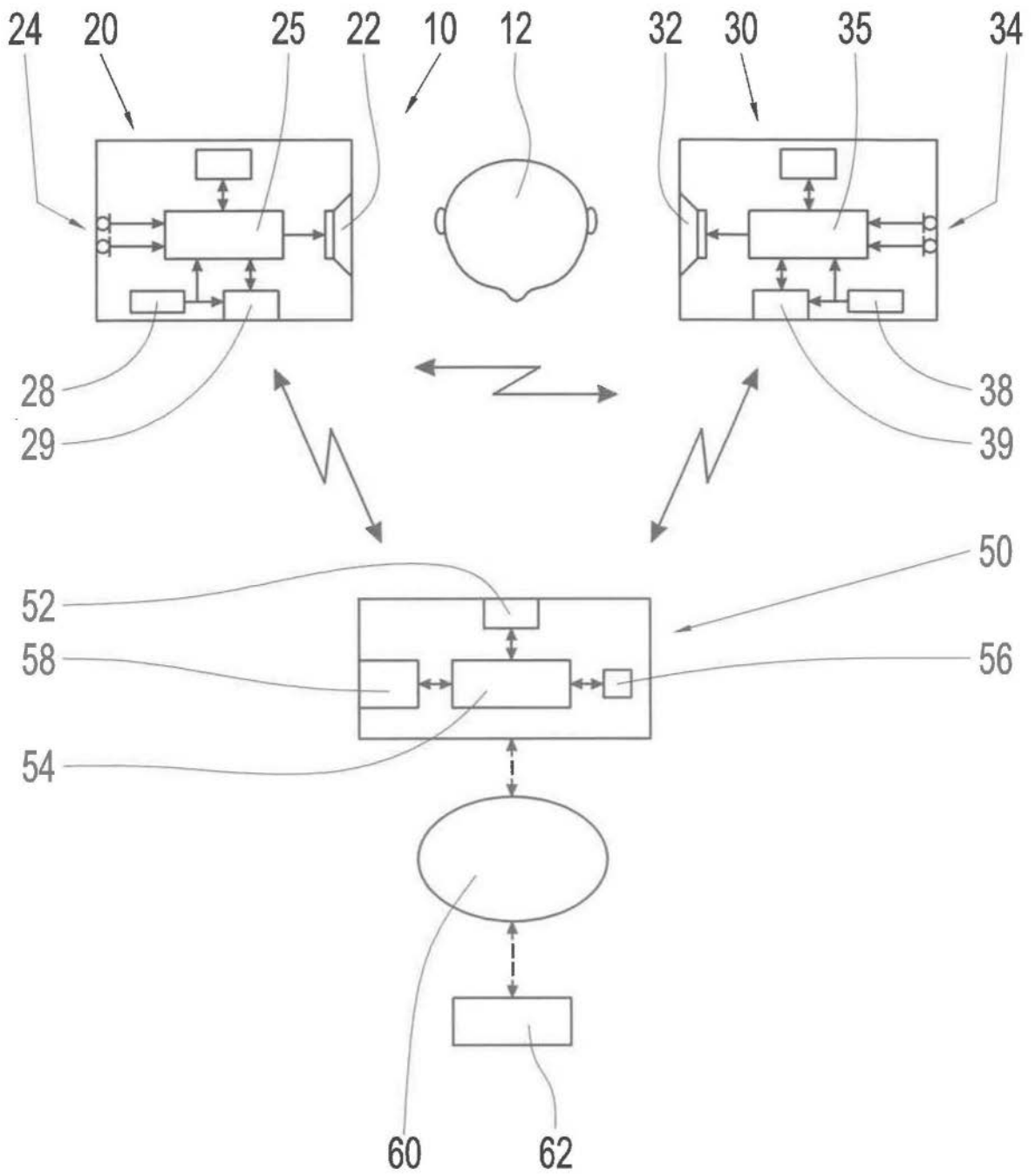


图1

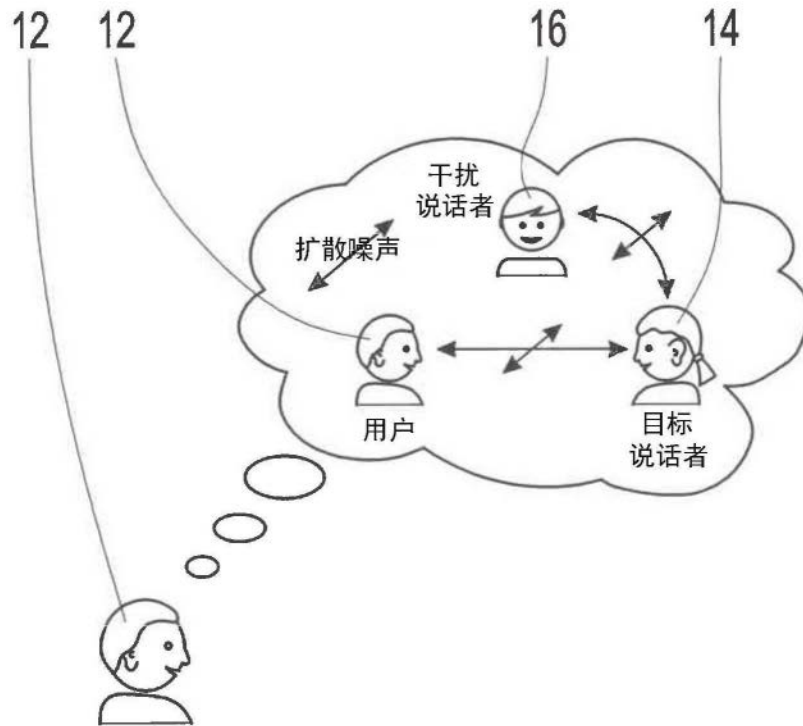


图2

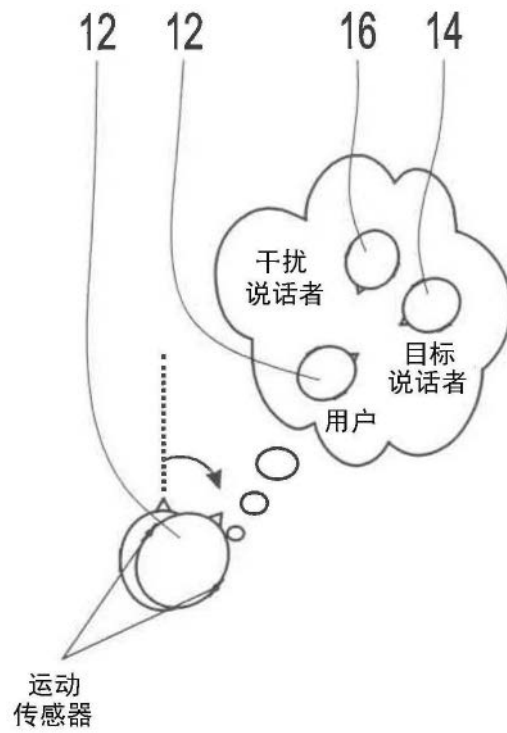


图3A

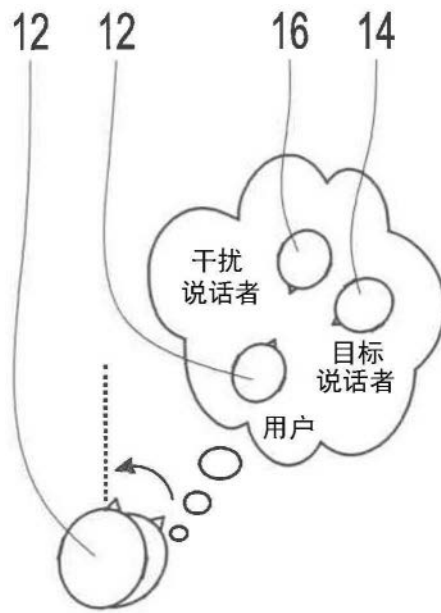


图3B

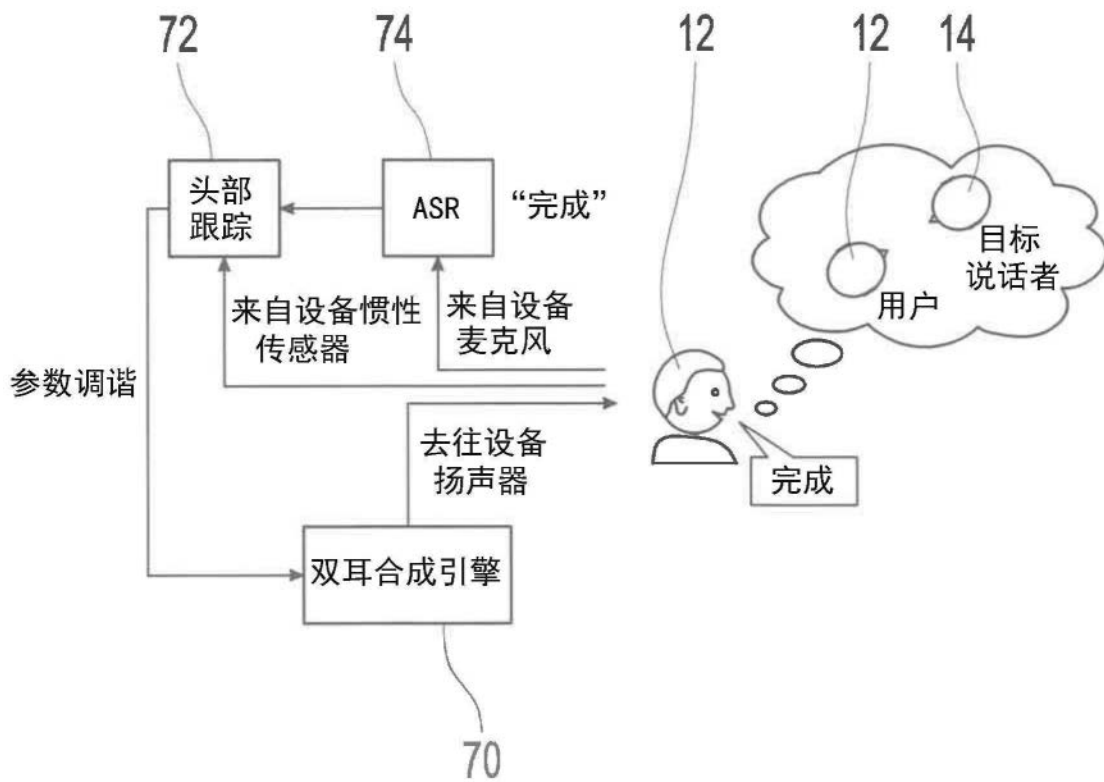


图4

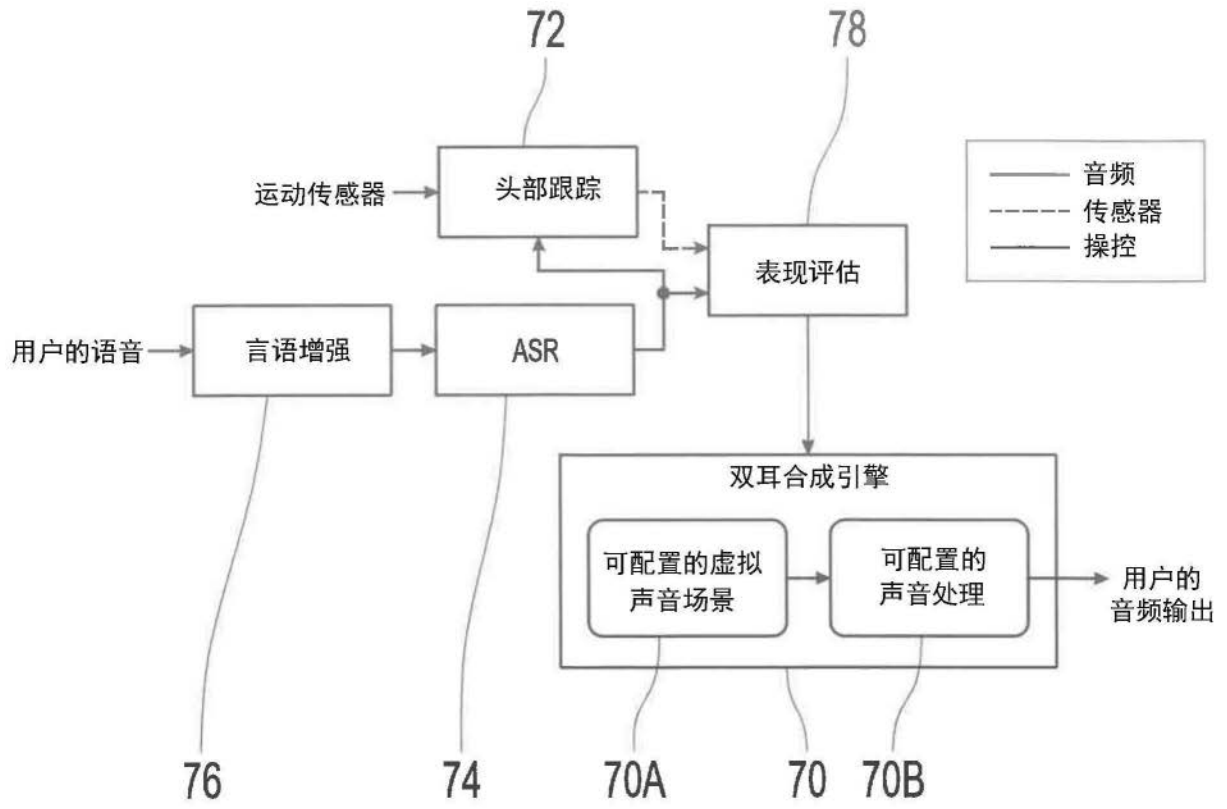


图5