



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107770710 A

(43)申请公布日 2018.03.06

(21)申请号 201710703827.2

(22)申请日 2017.08.16

(30)优先权数据

16184252.1 2016.08.16 EP

(71)申请人 奥迪康有限公司

地址 丹麦斯门乌姆

(72)发明人 M·S·佩德森 A·耶罗塞维克

A·T·伯特森

(74)专利代理机构 北京金阙华进专利事务所

(普通合伙) 11224

代理人 陈建春

(51)Int.Cl.

H04R 25/00(2006.01)

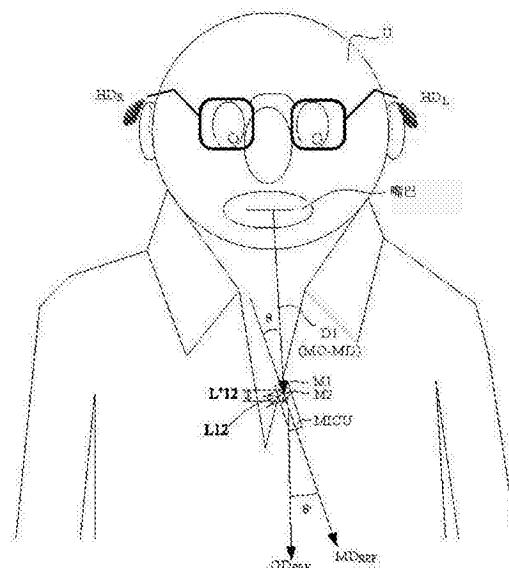
权利要求书2页 说明书22页 附图9页

## (54)发明名称

包括听力装置及用于拾取用户自我语音的传声器单元的听力系统

## (57)摘要

本申请公开了包括听力装置及用于拾取用户自我语音的传声器单元的听力系统,其中所述听力系统包括控制单元,配置成估计:用户嘴巴与传声器单元之间的当前距离;或将声音从用户嘴巴传播到传声器单元的当前时延;或从用户嘴巴到M个传声器中的每一个的、相对于M个传声器之中的参考传声器的相对传递函数;及所述听力系统配置成根据所述当前距离或者所述当前时延或者所述相对传递函数控制多输入降噪系统。



1. 一种体戴听力系统,包括听力装置如助听器和分立传声器单元,听力装置适于位于用户耳朵之处或之中或者适于完全或部分植入在用户头部中,分立传声器单元适于位于用户处并拾取来自用户嘴巴的声音如用户的话音,其中

所述听力装置包括:

-正向通路,包括用于接收电音频信号和/或用于产生表示听力装置环境中的声音的电输入信号的输入单元、用于处理所述电音频信号或所述电输入信号或者其混合并提供处理后的信号的信号处理单元、及用于基于所述处理后的信号产生在呈现给用户时可感知为声音的刺激的输出单元;及

-天线和收发器单元,用于

--建立到通信装置的通信链路,及配置成至少在听力系统的特定通信模式下从通信装置接收音频信号;及

--建立到传声器单元的通信链路,用于将信息传给传声器单元和/或从传声器单元接收信息;及其中

所述传声器单元包括:

-包括多个(M个)传声器 $M_i, i=1, \dots, M$ 的输入单元,每一传声器配置成从传声器单元的环境拾取或接收表示声音的信号 $x_i(n)$ 并提供相应的电输入信号 $x'_i(n)$ , $n$ 表示时间,及 $M$ 大于或等于2;及

-多输入降噪系统,用于提供包括用户话音的目标信号 $s$ 的估计量 $\hat{S}$ ;该多输入降噪系统包括多输入波束形成器滤波单元,其连接到所述多个传声器 $M_i, i=1, \dots, M$ 并配置成提供空间滤波的信号;及

-天线和收发器单元,用于

--建立到所述通信装置的通信链路,及配置成至少在听力系统的特定通信运行模式下将用户话音的估计量 $\hat{S}$ 传给通信装置;及

--建立到听力装置的通信链路,用于将信息传给听力装置和/或从听力装置接收信息;其中

所述听力系统包括控制单元,配置成估计

-用户嘴巴与传声器单元之间的当前距离;或

-将声音从用户嘴巴传播到传声器单元的当前时延;或

-从用户嘴巴到M个传声器中的每一个的、相对于M个传声器之中的参考传声器的相对传递函数;及

所述听力系统配置成根据所述当前距离或者所述当前时延或者所述相对传递函数控制多输入降噪系统。

2. 根据权利要求1所述的听力系统,其中控制单元配置成估计从用户嘴巴到传声器单元的M个传声器中的至少一如大部分或所有传声器的当前距离或当前时延。

3. 根据权利要求1或2所述的听力系统,其中传声器单元包括M个传声器位于其中或其上的壳体,所述壳体确定传声器单元参考方向 $MD_{REF}$ 。

4. 根据权利要求1-3任一所述的听力系统,其中听力装置的天线和收发器单元包括分开的第一和第二天线和收发器单元,其中

-第一天线和收发器单元配置成建立到通信装置的通信链路及至少在听力系统的特定通信运行模式下从通信装置接收音频信号;及

-第二天线和收发器单元配置成建立到传声器单元的通信链路,用于将信息传给传声器单元和/或从传声器单元接收信息。

5. 根据权利要求1-4任一所述的听力系统,其中传声器单元的天线和收发器单元包括分开的第一和第二天线和收发器单元,其中

-第一天线和收发器单元配置成建立到通信装置的通信链路及至少在听力系统的特定通信运行模式下将用户语音的估计量 $\hat{S}$ 传给通信装置;及

-第二天线和收发器单元配置成建立到听力装置的通信链路,用于将信息传给听力装置和/或从听力装置接收信息。

6. 根据权利要求1-5任一所述的听力系统,其中控制单元配置成估计传声器单元相对于从传声器单元到用户嘴巴的方向的当前定向,及其中听力系统配置成根据传声器单元相对于从传声器单元到用户嘴巴的方向的定向控制多输入降噪系统。

7. 根据权利要求1-6任一所述的听力系统,其中输入单元配置成将所述时变电输入信号 $x'_i(n)$ 提供为时频表示的电输入信号 $X_i(k,m)$ ,其包括多个子频带中的时变信号, $k$ 为频带指数, $m$ 为时间指数。

8. 根据权利要求1-7任一所述的听力系统,其中所述听力装置包括话音活动检测器,配置成确定在从所述通信装置接收的直接电音频信号中是否或者何种概率地存在话音。

9. 根据权利要求1-8任一所述的听力系统,其中传声器单元包括话音活动检测器,配置成确定在空间滤波的信号中或者在表示来自传声器单元的环境声音的一个或多个电输入信号中是否或者何种概率地存在话音。

10. 根据权利要求1-9任一所述的听力系统,包括检测单元,配置成检测声音从用户嘴巴分别到听力装置和传声器单元的声学传播时间的差。

11. 根据权利要求10所述的听力系统,其中检测单元配置成确定来自用户嘴巴的声音在听力装置的传声器处接收与在传声器单元的 $M$ 个传声器之一处接收之间的互相关。

12. 根据权利要求1-11任一所述的听力系统,其中听力装置和传声器单元的天线和收发器单元中的每一个包括相应的天线线圈,配置成彼此具有感应耦合,当听力装置和传声器单元安装在用户身体上时其使能在听力装置和传声器单元之间建立感应通信链路,及其中听力装置和传声器单元中的至少一个包括至少两个相互成角度的天线线圈。

13. 根据权利要求1-12任一所述的听力系统,配置成能够访问波束形成器权重及对应的嘴巴到传声器距离或时延,非必须地,及倾斜角的字典。

14. 根据权利要求1-13任一所述的听力系统,包括存储器,波束形成器权重及对应的嘴巴到传声器距离或时延,非必须地,及倾斜角的字典保存在所述存储器中。

15. 根据权利要求1-14任一所述的听力系统,其中所述听力装置包括助听器。

## 包括听力装置及用于拾取用户自我语音的传声器单元的听力系统

### 技术领域

[0001] 本申请涉及听力装置如助听器领域。本申请尤其涉及体戴式听力系统如助听器系统。

### 背景技术

[0002] 随着讲话的人(如佩戴传声器单元的人的嘴巴)靠近传声器单元,感兴趣的声处于声学近场中。当感兴趣的声处于近场中时,(如两个)传声器处的声压级可能不同,因为一个传声器相较于另一个传声器更远离嘴巴。声压级的差将取决于嘴巴和传声器单元之间的距离。如果传声器单元相对靠近嘴巴,相较于传声器单元相对更远离嘴巴的情形,声压级差将更高。当声音处于远场中时,传声器之间的相对距离相较于传声器和声源之间的距离变得很小,传声器之间的声压级的差变得不明显。

### 发明内容

[0003] 本发明尤其涉及配置成由听力受损人员(用户)使用并包括听力装置或一对听力装置(如助听器)及分立(单独的)传声器单元的听力系统,该分立传声器单元例如为无线如可用夹子夹住的传声器单元的形式,其可用于将用户自我语音传给通信装置如电话(如移动电话)。这样的传声器单元可包括M个传声器的阵列(即 $M \geq 2$ ),其利用(如自适应)波束成形可增强讲话人的语音。本申请的申请人于2016年2月5日申请的未决欧洲专利申请EP16154471.3(公开号为EP3057337A1)涉及同样的主题。在EP3057337A1中,提出在分立传声器单元内内置专用的自适应波束形成器及单通道降噪(SC-NR)算法,在特定通信(如电话接收)情形下,其能够从传声器单元接收的有噪声传声器信号取回佩戴传声器单元的用户的话音信号并拒绝/抑制其它声源。

#### [0004] 听力系统

[0005] 本发明提出了可用于在通信模式下改进体戴式听力系统的多个特征,其中佩戴者的自我语音被(分立传声器单元)拾取并传给另一装置(通信装置)。

[0006] 对于近场应用,为实现最佳的定向响应,需要考虑传声器之间的传递函数(或脉冲响应)不仅取决于到声源的方向而且取决于到声源的距离,参见图2A、2B。

[0007] 本发明的目标在于提供用于在体戴式听力系统中拾取用户语音的备选定向传声器系统。根据本发明的听力系统的实施例的目标在于提供用于估计用户嘴巴与传声器单元之间的传声器之间的距离或传播时延或(相对)传递函数和/或估计传声器单元的参考方向与到用户嘴巴的方向(当安装在用户身体上时)之间的角度的方案。

[0008] 在本申请的一方面,提供一种体戴听力系统,包括听力装置如助听器和分立传声器单元,听力装置适于位于用户耳朵之处或之中或者适于完全或部分植入在用户头部中,分立传声器单元适于位于用户处并拾取来自用户嘴巴的声音如用户的话音。

[0009] 所述听力装置包括:

[0010] -正向通路,包括用于接收电音频信号和/或用于产生表示听力装置环境中的声音的电输入信号的输入单元、用于处理所述电音频信号或所述电输入信号或者其混合并提供处理后的信号的信号处理单元、及用于基于所述处理后的信号产生在呈现给用户时可感知为声音的刺激的输出单元;及

[0011] -天线和收发器单元,用于

[0012] --建立到通信装置的通信链路,及配置成至少在听力系统的特定通信模式下从通信装置接收音频信号;及

[0013] --建立到传声器单元的通信链路,用于将信息传给传声器单元和/或从传声器单元接收信息。

[0014] 所述传声器单元包括:

[0015] -包括多个(M个)传声器 $M_i, i=1, \dots, M$ 的输入单元,每一传声器配置成从传声器单元的环境拾取或接收表示声音的信号 $x_i(n)$ 并提供相应的电输入信号 $x'_i(n)$ , $n$ 表示时间,及 $M$ 大于或等于2;及

[0016] -多输入降噪系统,用于提供包括用户语音的目标信号 $s$ 的估计量 $\hat{S}$ ;该多输入降噪系统包括多输入波束形成器滤波单元,其连接到所述多个传声器 $M_i, i=1, \dots, M$ 并配置成提供空间滤波的信号;及

[0017] -天线和收发器单元,用于

[0018] --建立到通信装置的通信链路,及配置成至少在听力系统的特定通信运行模式下将用户语音的估计量 $\hat{S}$ 传给通信装置;及

[0019] --建立到听力装置的通信链路,用于将信息传给听力装置和/或从听力装置接收信息。

[0020] 该听力系统包括控制单元,配置成估计

[0021] -用户嘴巴与传声器单元之间的当前距离;或

[0022] -将声音从用户嘴巴传播到传声器单元的当前时延;或

[0023] -从用户嘴巴到M个传声器中的每一个的、相对于M个传声器之中的参考传声器的相对传递函数。

[0024] 该听力系统配置成根据所述当前距离或者所述当前时延或者所述相对传递函数控制多输入降噪系统。

[0025] 从而可提供改进的听力系统。

[0026] 通过估计

[0027] -用户嘴巴(MOUTH)与传声器单元(MICU)之间(可能与M个传声器( $M_i, i=1, \dots, M$ )中的每一传声器之间)的当前距离 $D$ (MOUTH-MICU)(或时延 $\Delta t$ (MOUTH-MICU));或者

[0028] -从用户嘴巴到M个传声器中的每一传声器的相对于M个传声器之中的参考传声器的相对传递函数RTF;及可能

[0029] -另外,传声器单元的倾斜角 $\theta$ ;

[0030] 可自适应更新波束形成器滤波单元的一组波束形成器权重,例如通过从多组波束形成器权重( $w(D$ (或 $\Delta t$ ,或RTF), $\theta, k$ ), $k$ 为频率指数, $k=1, \dots, K$ ,其中 $K$ 为子频带数量)选择适当的一组波束形成器权重。构成对应于距离 $D$ 或传播时延 $\Delta t$ 或相对传递函数RTF(可能及角度 $\theta$ )的具体的不同值的波束形成器权重的字典的数据例如保存在听力系统的(或者听力

系统可访问的)存储器中。

[0031] 在实施例中,该字典包括下述参数的对应值:

[0032]  $D_1$  (或时延  $\Delta t_1$ )  $\theta_1$   $w(D_1$  (或  $\Delta t_1$ ),  $\theta_1, k$ )

[0033] ...

[0034]  $D_{N_\theta}$  (或时延  $\Delta t_{N_\theta}$ )  $\theta_{N_\theta}$   $w(D_{N_\theta}$  (或  $\Delta t_{N_\theta}$ ),  $\theta_{N_\theta}, k$ )

[0035] ...

[0036]  $D_{N_D}$  (或时延  $\Delta t_{N_D}$ )  $\theta_1$   $w(D_{N_D}$  (或  $\Delta t_{N_D}$ ),  $\theta_1, k$ )

[0037] ...

[0038]  $D_{N_D}$  (或时延  $\Delta t_{N_D}$ )  $\theta_{N_\theta}$   $w(D_{N_D}$  (或  $\Delta t_{N_D}$ ),  $\theta_{N_\theta}, k$ )

[0039] 其中  $k=1, \dots, K$ 。

[0040] 在实施例中,代替距离  $D_p$  (或时延  $\Delta t_p$ ) 或者除距离  $D_p$  (或时延  $\Delta t_p$ ) 之外,字典包括相对传递函数的值  $RTF_p, p=1, \dots, N_D$ 。

[0041] 在实施例中,字典包括距离 (或时延) 或相对传递函数的对应 (如预先确定的) 值及针对目标声源相对于传声器单元如包括用户嘴巴及相对于同席的人和另一人的多个不同位置的波束形成器滤波权重。在实施例中,距离 (或时延) 或相对传递函数的当前估计量用于确定传声器位于何处。

[0042] 当包括倾斜角时,对于每一距离  $D$  (或时延  $\Delta t$ , 或相对传递函数  $RTF$ ) 及每一倾斜角  $\theta$  的一组随频率而变的波束形成器权重  $w(k)$  可在字典 (或数据库) 中得到,即总共  $N_D * N_\theta$  组波束形成器权重  $w(k)$ 。在实施例中,这些组的波束形成器权重在听力系统运行之前确定并保存在听力系统可访问的介质上,例如传声器单元的存储器中。

[0043] 距离  $D$  和传播时延  $\Delta t$  通过声音速度联系在一起。对于空气中的传播,  $D(MO-M_i) = c_{air} \cdot \Delta t (MO-M_i)$ , 其中“可变的”  $MO-M_i$  表示音频源 (嘴巴,  $MO$ ) 和传声器 ( $M_i, i=1, \dots, M$ ) 的特定配置。

[0044] 来自波束形成器滤波单元的空间滤波的信号可等于包括用户语音的目标信号  $s$  的估计量  $\hat{S}$ 。在实施例中,空间滤波的信号被进一步处理 (例如在单通道降噪单元或其它后处理单元中) 以提供目标信号  $s$  的估计量  $\hat{S}$  (例如参见图7)。

[0045] 在实施例中,控制单元配置成估计从用户嘴巴到传声器单元的  $M$  个传声器中的至少一如大部分或所有传声器的当前距离或当前时延 (相对传递函数)。在实施例中,  $M$  个传声器  $M_i, i=1, 2, \dots, M$  的几何构型已知 (例如固定在传声器单元内)。在实施例中,传声器之间的 (至少部分如全部的) 相互距离  $L_{ij}$  已知 ( $i=1, 2, \dots, M, j=1, 2, \dots, M$ , 而  $i \neq j$ ), 及例如保存在听力系统的 (或听力系统可访问的) 存储器中。在实施例中,传声器位于一条直线上。在实施例中,对于所有  $j=i+1, i=1, 2, \dots, M-1, L_{ij}=L$ 。在实施例中,  $M=2$ 。在实施例中,  $M=3$ 。在实施例中,  $M=4$ 。

[0046] 术语“传声器单元的倾斜角  $\theta$ ”在本说明书中指由传声器单元 (如其壳体或者壳体的部件, 例如印痕或机械凸起或凹口, 或者传声器单元的形成轴的任何其他特有部件) 和参考方向 (如重力加速度方向) 形成的角度  $\theta$ 。

[0047] 在实施例中,传声器单元包括  $M$  个传声器位于其中或其上的壳体,该壳体确定传声器单元参考方向  $MD_{REF}$ 。在实施例中,传声器单元参考方向  $MD_{REF}$  由传声器单元的壳体的边缘或表面确定或与之有关。在实施例中,传声器单元参考方向  $MD_{REF}$  由  $M$  个传声器的几何构型确

定或与之有关。在实施例中,传声器单元参考方向 $MD_{REF}$ 由M个传声器中的两个传声器确定的传声器方向(如由通过两个传声器的直线)确定或与之有关。在实施例中,传声器单元相对于从传声器单元到用户嘴巴的方向的定向由传声器单元参考方向 $MD_{REF}$ 与从传声器单元到用户嘴巴的方向 $MO-MD$ 之间的角度确定。

[0048] 在实施例中,听力装置的天线和收发器单元包括分开的第一和第二天线和收发器单元,其中

[0049] -第一天线和收发器单元配置成建立到通信装置的通信链路及至少在听力系统的特定通信运行模式下从通信装置接收音频信号;及

[0050] -第二天线和收发器单元配置成建立到传声器单元的通信链路,用于将信息传给传声器单元和/或从传声器单元接收信息。

[0051] 在实施例中,听力装置的第一天线和收发器单元配置成建立到通信装置的通信链路及另外至少在听力系统的特定通信运行模式下将信息传给通信装置。

[0052] 在实施例中,传声器单元的天线和收发器单元包括分开的第一和第二天线和收发器单元,其中

[0053] -第一天线和收发器单元配置成建立到通信装置的通信链路及至少在听力系统的特定通信运行模式下将用户语音的估计量 $\hat{S}$ 传给通信装置;及

[0054] -第二天线和收发器单元配置成建立到听力装置的通信链路,用于将信息传给听力装置和/或从听力装置接收信息。

[0055] 在实施例中,控制单元配置成估计传声器单元相对于从传声器单元到用户嘴巴的方向的当前定向,及其中听力系统配置成根据传声器单元相对于从传声器单元到用户嘴巴的方向的定向控制多输入降噪系统。如果传声器单元倾斜(使得传声器单元的参考方向 $MD_{REF}$ (如两个传声器之间的轴)未指向用户嘴巴的方向),例如参见图4,视向量 $d$ 也可取决于到嘴巴的方向与传声器单元的参考方向 $MD_{REF}$ 之间的角度 $\theta$ 。因而,我们可找到最合适的(如随频率而变的)定向波束形成器权重 $w$ ,其不仅取决于传声器间距离和到嘴巴的距离( $D1$ ),而且还取决于传声器阵列怎样程度地倾斜(角度 $\theta$ )。假定体戴传声器单元位于嘴巴下方(使得嘴巴到传声器单元方向等于或约等于垂直方向),传声器阵列倾斜可从内置定向传感器如加速计或陀螺仪估计为传声器阵列与重力方向之间的角度( $\theta'$ )。

[0056] 视向量 $d$ 为从目标声源(在给定位置,在此为用户自我语音,即来自用户嘴巴的语音)到传声器单元的每一传声器 $M_i, i=1, \dots, M$ 的(如相对)声传递函数的表示,即 $d$ 为 $M$ 维向量。

[0057] 在实施例中,输入单元配置成将所述时变电输入信号 $x'_i(n)$ 提供为时频表示的电输入信号 $X_i(k, m)$ ,其包括多个子频带中的时变信号, $k$ 为频带指数, $m$ 为时间指数。在实施例中, $m$ 为时间帧指数。在实施例中,多输入降噪系统配置成确定滤波器权重 $w(k, m)$ 以提供空间滤波(波束成形)的信号,其中来自不同于目标信号源方向的其它方向的信号分量被衰减,而来自目标信号源方向的信号分量保持不被衰减或相对于来自其它方向的信号分量较少地衰减。在实施例中,当前距离(或时延或相对传递函数)(在时间 $m'$ )用于选择适当的波束形成器滤波权重 $w(k, m')$ 。

[0058] 在实施例中,多输入波束形成器滤波单元配置成自适应单元。

[0059] 在实施例中,从目标声源(用户嘴巴)到传声器单元的传声器的传递函数(和/或相

对传递函数) 在用户讲话的同时确定。该传递函数例如可在听力系统处于通信模式时例如在电话通话期间确定, 其中到“远端人”的双向链路经电话和电话网络(如因特网和/或经公用电话交换网(PSTN))建立。在该情形下, 如果来自“远端人”的遥远线路安静, 则用户可能在讲话。在实施例中, 左和右听力装置 $HD_L$ 和 $HD_R$ 中的至少一个配置成从电话接收直接电音频信号(表示远端通信伙伴的话音)。在实施例中, 左和右听力装置中的至少一个包括话音活动检测器, 用于确定在所接收的直接电音频信号(电话信号)中是否(或何种概率地)存在话音。在实施例中, 传声器单元和/或听力装置包括自我话音检测器, 用于估计由传声器单元和/或听力装置拾取的传声器信号中是否(或何种概率地)存在用户自我话音。在实施例中, 这些传递函数(和/或相对传递函数或者时延或者距离)基于用户启动进行估计(或者作为听力系统启用期间的标准程序), 例如经用户接口, 例如在检测到的环境声压电平低于阈值的条件下。在实施例中, 传递函数等的估计的启动经听力装置的扬声器向用户指明为让用户讲话的声学邀请, 例如预定的词语或句子, 例如参见图8。之后, 可在用户正讲话时进行有关参数的估计。(自我)话音活动期间有关参数(如视向量 $d$ )的更新及对应的波束形成器滤波权重的确定例如在EP2882204A1中描述(例如参见[0065]-[0080]部分, 尤其是[0065]和[0072]部分)。

[0060] 在实施例中, 听力装置包括话音活动检测器, 配置成确定从通信装置接收的直接电音频信号中是否或者何种概率地存在话音。

[0061] 在实施例中, 传声器单元包括话音活动检测器, 配置成确定在空间滤波的信号中或者在表示来自传声器单元的环境声音的一个或多个电输入信号中是否或者何种概率地存在话音(尤其是用户自我话音)。

[0062] 话音活动信息例如可用于提供自适应降噪系统(NRS)以控制该降噪系统的更新的定时(例如在用户讲话(存在目标声源(=用户的话音))时更新视向量 $d$ ), 及在用户未讲话时更新噪声协方差矩阵 $R_{vv}$ 。在实施例中, 如果在无线接收的信号(即来自电话线“另一端”的讲话者)中检测到无话音活动(更新 $d$ , 假定听力系统用户讲话)和如果检测到话音活动(更新 $R_{vv}$ , 假定听力系统用户未讲话)。

[0063] 在实施例中, 听力系统包括单一听力装置(只有一个)。在实施例中, 听力装置的输入单元包括至少一传声器, 用于将来自环境的声音转换为电输入信号。在实施例中, 听力系统包括左和右听力装置如助听器, 其适于分别位于用户的左和右耳处或左和右耳中或者适于完全或部分分别植入在用户的左和右耳处的头部中。在正常使用时, 嘴巴分别与左和右听力装置 $HD_L$ 和 $HD_R$ 之间的距离 $D_L$ 和/或 $D_R$ 通常日复一日(其中听力仪器已卸下和再次安装)未大幅变化。但体戴传声器单元和嘴巴之间的距离可能在每次安装传声器单元时均不同(体戴传声器单元为单独的单元, 其独立于听力装置安装在用户身体上(如附着到身体上, 如附着到衣服上))。在实施例中, 听力系统包括检测单元, 配置成检测声音从用户嘴巴到听力装置与声音从用户嘴巴到传声器单元之间的声学传播时间的差。在实施例中, 该检测单元配置成检测声音从用户嘴巴到听力装置的至少一传声器与声音从用户嘴巴到传声器单元的 $M$ 个传声器之一之间的声学传播时间的差。在实施例中, 检测单元配置成确定来自用户嘴巴的声音在听力装置处接收与在传声器单元处接收之间的相似性如相关如互相关。

[0064] 在实施例中, 检测单元配置成确定来自用户嘴巴的声音在听力装置的传声器处接收与在传声器单元的 $M$ 个传声器之一处接收之间的互相关。该互相关用于确定从用户嘴巴

到相应传声器的声学信号的到达时间 ( $t_a$ ) 的差 (从而确定提供互相关的最佳值的时间差  $\Delta t(\text{HD-MICU}) = t_a(\text{HD}) - t_a(\text{MICU})$ )。知道用户嘴巴与听力装置  $\text{HD}_R, \text{HD}_L$  之间的距离  $D_R$  (和/或  $D_L$ ) (参见图3), 这些值例如提前确定并保存在 (如听力系统的) (可动态访问的) 存储器中, 用户嘴巴与传声器单元的传声器之间的距离  $D_1$  可近似为  $D_1 = D_L$  (或  $D_R$ ) -  $\Delta t(\text{HD-MICU}) \cdot c_{\text{air}}$ , 其中  $c_{\text{air}}$  为声音在空气中的速度。在实施例中, 检测单元配置成在包括对应的距离和视向量的字典的最大似然框架中估计用户嘴巴与传声器单元的传声器之间的距离  $D_1$ 。在最大似然框架中目标声源的到达方向的估计例如在 [Farmani et al.; 2017] 中描述。

[0065] 在实施例中, 听力装置和传声器单元适于在其间建立通信链路, 从而使信息信号能在其间交换。在实施例中, 信息信号包括音频信号 (或者音频信号的部分, 如所选频带), 和/或与当前距离和/或从用户嘴巴到传声器单元的方向有关的一个或多个参数, 和/或从用户嘴巴到传声器单元的各个传声器的当前相对传递函数。

[0066] 在实施例中, 听力装置和传声器单元的天线和收发器单元中的每一个包括相应的天线线圈, 配置成彼此具有感应耦合, 当听力装置和传声器单元安装在用户身体上时其使能在听力装置和传声器单元之间建立感应通信链路, 及其中听力装置和传声器单元中的至少一个包括至少两个相互成角度的天线线圈。在实施例中, 每一天线线圈展现由线圈的绕组绕其延伸 (多匝绕其进行卷绕) 的 (虚拟或物理) 载体的中心轴确定的线圈轴。在实施例中, 传声器单元的天线和收发器单元包括两个或三个相互成角度 (如直交) 的天线线圈 (换言之, 天线线圈的轴成角度)。在实施例中, 听力装置的天线和收发器单元包括单一天线线圈。假定听力装置在安装在用户  $U$  身上时其天线线圈的线圈-轴 (或多个轴) 的定向已知, 及假定传声器单元的天线线圈相对于传声器单元的参考轴的定向已知, 传声器单元相对于全局参考方向  $G_{\text{DREF}}$  (如重力方向) 的定向可基于在传声器单元的相应天线线圈处从听力装置的天线线圈接收的电磁信号的相对信号强度进行确定。

[0067] 在实施例中, 听力系统配置成能够访问波束形成器权重的字典及对应的嘴巴到传声器单元距离、或时延、或相对传递函数, 非必须地, 及倾斜角。在实施例中, 听力系统包括存储器, 波束形成器权重的字典及对应的嘴巴到传声器距离、或时延、或相对传递函数、(非必须地) 及倾斜角保存在该存储器中。在实施例中, 传声器单元包括所述存储器。在实施例中, 对应于用户嘴巴与传声器单元之间的不同距离  $D_p, p=1, \dots, N_D$  的多组不同的波束形成器权重保存在所述存储器中。这样, 在当前距离 (和/或方向 (如角度  $\theta_q, q=1, \dots, N_\theta$ )) 已确定时, 可选择和应用适当的一组波束形成器权重。在实施例中, 对应于用户嘴巴与传声器单元之间的不同距离  $D_p, p=1, \dots, N_D$  (或对应的传播时延  $\Delta t_p$ ) 的多组不同的波束形成器权重或者相对传递函数 ( $\text{RTF}_p$ ) 连同传声器单元针对每一距离  $D_p$  (或  $\Delta t_p$  或  $\text{RTF}_p$ ) 的多个倾斜角  $\theta_q, q=1, \dots, N_\theta$  一起保存在所述存储器中。在实施例中, 当前距离  $D'$ 、或当前传播时延  $\Delta t'$ 、或当前相对传递函数  $\text{RTF}'$  由听力系统确定。在实施例中, 听力系统配置成通过测试保存的对应于不同倾斜角  $\theta_q, q=1, \dots, N_\theta, k=1, \dots, K$  的每一组波束形成器权重  $w(D_p$  (或  $\Delta t_p$ , 或  $\text{RTF}_p$ ),  $\theta_q, k$ ) 而选择适当的一组波束形成器权重及选择优化用户语音的那组波束形成器权重 (例如使用最大似然框架, 其中似然函数被确定, 及估计的距离或倾斜角或波束形成器权重选择为对应于似然函数的最大值的那一个, 例如参见 [Farmani et al.; 2017])。

[0068] 在实施例中, (头戴式) 听力系统包括一对听力装置 (例如记为第一和第二听力装置), 例如适于分别位于用户的左和右耳处 (或者完全或部分植入在左和右耳中)。在实施例

中,该对听力装置形成双耳听力系统如双耳助听器系统的一部分。在实施例中,左和右听力装置中的每一个包括使能在其间交换信息的天线和收发器电路。在实施例中,前述信息可包括音频数据和/或控制信号和/或状态信号。

[0069] 在实施例中,该(或每一)听力装置包括助听器。

[0070] 在实施例中,听力系统包括使用户能影响该系统的功能的用户接口。用户接口可完全或部分实施在听力装置中或传声器单元中或辅助装置中。在实施例中,听力系统配置成使能开始更新视向量(RTF或距离D或时延 $\Delta t$ )的当前值的程序。

[0071] 在实施例中,听力系统包括实施用于听力系统的用户接口的辅助装置。在实施例中,辅助装置(和用户接口)配置成使能经适当的通信链路和听力系统(如听力装置,和/或传声器单元)交换信息。用户接口优选配置成使用户能影响听力系统的功能,例如根据本发明,进入或离开特定通信模式。在实施例中,用户接口配置成使用户能开始与传声器单元的当前几何构型有关的参数(如RTF,D, $\Delta t$ )的更新。用户接口可进一步配置成使能呈现听力系统的状态信息。在实施例中,辅助装置包括遥控装置如智能电话。在实施例中,用户接口实施为智能电话的APP。

[0072] 在实施例中,传声器单元连同用户接口一起实施在辅助装置如智能电话中。

[0073] 在实施例中,听力系统配置成在系统启动(如通电)期间、在使用期间(如当满足特定判据或声学条件时)、或者经用户接口(经“用户语音测试”)启动而开始与传声器单元的当前几何构型有关的参数(如RTF,D, $\Delta t$ )的更新,或者连续更新。

#### [0074] 听力装置

[0075] 一方面,本发明进一步提供适于位于用户耳朵处或耳朵中或者适于完全或部分植入在用户头部中的听力装置如助听器。该助听器配置成形成如上所述的、具体实施方式中详细描述的和权利要求中限定的听力系统的一部分。

[0076] 在实施例中,听力装置适于提供随频率而变的增益和/或随电平而变的压缩和/或一个或多个频率范围到一个或多个其它频率范围的移频(具有或没有频率压缩)以补偿用户的听力受损。在实施例中,听力装置包括用于增强输入信号并提供处理后的输出信号的信号处理单元。

[0077] 在实施例中,听力装置包括用于基于处理后的电信号提供由用户感知为声信号的刺激的输出单元。在实施例中,输出单元包括多个耳蜗植入电极或骨导听力装置的振动器。在实施例中,输出单元包括输出变换器。在实施例中,输出变换器包括用于将刺激作为声信号提供给用户的接收器(扬声器)。在实施例中,输出变换器包括用于将刺激作为颅骨的机械振动提供给用户的振动器(例如在附着到骨头的或骨锚式听力装置中)。

[0078] 在实施例中,听力装置包括用于提供表示声音的电输入信号的输入单元。在实施例中,输入单元包括用于将输入声音转换为电输入信号的输入变换器如传声器。在实施例中,输入单元包括用于接收包含声音的无线信号并提供表示所述声音的电输入信号的无线接收器。在实施例中,听力装置包括定向传声器系统,其适于对来自环境的声音进行空间滤波从而增强佩戴听力装置的用户局部环境中的多个声源之中的目标声源。在实施例中,定向系统适于检测(如自适应检测)传声器信号的特定部分源自哪一方向。这可以如现有技术中描述的多种不同方式实现。

[0079] 在实施例中,听力装置包括天线和收发器电路,用于建立到另一装置如通信装置

或另一听力装置的无线链路(例如从另一装置无线接收直接电输入信号)。在实施例中,听力装置和另一装置之间的通信基于高于100kHz的频率下的某类调制。优选地,用于在听力装置和另一装置之间建立通信链路的频率低于70GHz,例如位于从100kHz到50MHz的范围中或者从50MHz到70GHz的范围中,例如高于300MHz,例如在高于300MHz的ISM范围中,例如在900MHz范围中或在2.4GHz范围中或在5.8GHz范围中或在60GHz范围中(ISM=工业、科学和医学,这样的标准化范围例如由国际电信联盟ITU定义)。在实施例中,无线链路基于标准化或专用技术。在实施例中,无线链路基于蓝牙技术(如蓝牙低功率技术)。在实施例中,无线链路基于近场通信如感应通信。

[0080] 在实施例中,听力装置为便携装置,如包括本机能源如电池例如可再充电电池的装置。

[0081] 在实施例中,听力装置包括输入变换器(传声器系统和/或直接电输入(如无线接收器))和输出变换器之间的正向或信号通路。在实施例中,信号处理单元位于该正向通路中。在实施例中,信号处理单元适于根据用户的特定需要提供随频率而变的增益。在实施例中,听力装置包括具有用于分析输入信号(如确定电平、调制、信号类型、声反馈估计量等)的功能件的分析通路。在实施例中,分析通路和/或信号通路的部分或所有信号处理在频域进行。在实施例中,分析通路和/或信号通路的部分或所有信号处理在时域进行。

[0082] 在实施例中,表示声信号的模拟电信号在模数(AD)转换过程中转换为数字音频信号,其中模拟信号以预定采样频率或采样速率 $f_s$ 进行采样, $f_s$ 例如在从8kHz到48kHz的范围中(适应应用的特定需要)以在离散的时间点 $t_n$ (或 $n$ )提供数字样本 $x_n$ (或 $x[n]$ ),每一音频样本通过预定的 $N_s$ 比特表示声信号在 $t_n$ 时的值, $N_s$ 例如在从1到48比特如24比特的范围中。数字样本 $x$ 具有 $1/f_s$ 的时间长度,如 $50\mu s$ ,对于 $f_s=20kHz$ 。在实施例中,多个音频样本按时间帧安排。在实施例中,一时间帧包括64个或128个音频数据样本。根据实际应用可使用其它帧长度。

[0083] 在实施例中,听力装置包括模数(AD)转换器以按预定采样速率如20或24或32或48kHz使模拟输入数字化。在实施例中,听力装置包括数模(DA)转换器以将数字信号转换为模拟输出信号,例如用于经输出变换器呈现给用户。

[0084] 在实施例中,听力装置如传声器单元和/或收发器单元包括用于提供输入信号的时频表示的TF转换单元。在实施例中,时频表示包括所涉信号在特定时间和频率范围的相应复值或实值的阵列或映射。在实施例中,TF转换单元包括用于对(时变)输入信号进行滤波并提供多个(时变)输出信号的滤波器组,每一输出信号包括截然不同的输入信号频率范围。在实施例中,TF转换单元包括用于将时变输入信号转换为频域中的(时变)信号的傅里叶变换单元。在实施例中,听力装置考虑的、从最小频率 $f_{min}$ 到最大频率 $f_{max}$ 的频率范围包括从20Hz到20kHz的典型人听频范围的一部分,例如从20Hz到12kHz的范围的一部分。在实施例中,听力装置的正向通路和/或分析通路的信号拆分为 $NI$ 个频带,其中 $NI$ 例如大于5,如大于10,如大于50,如大于100,如大于500,至少其部分个别进行处理。在实施例中,助听器适于在 $NP$ 个不同频道处理正向和/或分析通路的信号( $NP \leq NI$ )。频道可以宽度一致或不一致(如宽度随频率增加)、重叠或不重叠。

[0085] 在实施例中,听力装置(和/或传声器单元)包括多个检测器,其配置成提供与听力装置的当前网络环境(如当前声环境)有关、和/或与佩戴听力装置的用户的状态有关、

和/或与听力装置的当前状态或运行模式有关的状态信号。作为备选或另外,一个或多个检测器可形成与听力装置(如无线)通信的外部装置的一部分。外部装置例如可包括另一助听装置、遥控器、传声器单元、音频传输装置、电话(如智能电话)、外部传感器等。

[0086] 在实施例中,多个检测器中的一个或多个对全带信号起作用(时域)。在实施例中,多个检测器中的一个或多个对频带拆分的信号起作用((时-)频域)。

[0087] 在实施例中,多个检测器包括电平检测器,用于估计正向通路的信号的当前电平。在实施例中,预定判据包括正向通路的信号的当前电平是否高于或低于给定(L-)阈值。在实施例中,电平检测器或者连接到电平检测器的控制单元配置成估计当前声音电平是否处于自我话音电平( $\Delta L_{ov}$ )的正常范围中。在实施例中,电平检测器或连接到电平检测器的控制单元配置成估计当前声音电平是否低于预定(背景)阈电平( $L_{bg}$ ),如果是,则可假定不存在用户自我话音。自我话音电平的正常范围( $\Delta L_{ov}$ )及预定(背景)阈电平( $L_{bg}$ )例如可预先确定,例如在听力系统(正常)使用之前测量或估计,例如保存在听力系统的存储器中(或可由听力系统访问)。

[0088] 在实施例中,听力系统配置成在当前声音电平处于自我话音电平的正常范围( $\Delta L_{ov}$ )中时(自动)估计与传声器单元的当前几何构型有关的参数(如RTF,D, $\Delta t$ )。在实施例中,听力系统配置成在当前声音电平(在用户语音测试之前)低于预定(背景)阈电平( $L_{bg}$ )时开始用户语音测试及随后估计与传声器单元的当前几何构型有关的参数(如RTF,D, $\Delta t$ )。

[0089] 在特定实施例中,听力装置包括话音检测器(VD),用于确定输入信号(在特定时间点)是否包括话音信号。在本说明书中,话音信号包括来自人类的语音信号。其还可包括由人类语音系统产生的其它形式的发声(如唱歌)。在实施例中,话音检测器单元适于将用户当前的声环境分类为“话音”或“无话音”环境。这具有下述优点:包括用户环境中的人发声(如语音)的电传声器信号的时间段可被识别,因而与仅包括其它声源(如人工产生的噪声)的时间段分离。

[0090] 在实施例中,话音检测器适于将用户自己的话音也检测为“话音”。作为备选,话音检测器适于从“话音”的检测排除用户自己的话音。

[0091] 在实施例中,听力装置包括自我话音检测器,用于检测特定输入声音(如话音)是否源自系统用户的话音。在实施例中,听力装置的传声器系统适于能够在用户自己的话音及另一人的话音之间进行区分及可能与无话音声音区分。

[0092] 在实施例中,助听装置包括分类单元,配置成基于来自(至少部分)检测器的输入信号及可能其它输入对当前情形进行分类。在本说明书中,“当前情形”由下面的一个或多个定义:

[0093] a) 物理环境(如包括当前电磁环境,例如出现计划或未计划由听力装置接收的电磁信号(包括音频和/或控制信号),或者当前环境不同于声学的其它性质);

[0094] b) 当前声学情形(输入电平、反馈等);

[0095] c) 用户的当前模式或状态(运动、温度等);

[0096] d) 助听装置和/或与听力装置通信的另一装置(如传声器单元和/或辅助装置)的当前模式或状态(所选程序、自上次用户交互之后消逝的时间等)。

[0097] 在实施例中,听力装置还包括用于所涉及应用的其它适宜功能,如压缩、反馈抑制、降噪等。

[0098] 在实施例中,听力装置包括助听器,如听力仪器例如适于位于用户耳朵处或者完全或部分位于耳道中的听力仪器。在实施例中,听力装置包括助听器、头戴式耳机、耳麦、耳朵保护装置或其组合。

#### [0099] 用途

[0100] 此外,本发明提供上面描述的、“具体实施方式”中详细描述的和权利要求中限定的听力系统的用途。在实施例中,提供在包括音频分布的系统中的用途。在实施例中,提供在包括下述之一或多个的系统中的用途:助听器(听力仪器)、头戴式耳机、耳麦、耳朵保护系统等,例如在免提电话系统、远程会议系统、广播系统、卡拉OK系统、教室放大系统等中的用途。

#### [0101] APP

[0102] 另一方面,本发明还提供称为APP的非短暂应用。APP包括可执行指令,其配置成在辅助装置上运行以实施用于上面描述的、“具体实施方式”中详细描述的和权利要求中限定的听力装置或听力系统的用户接口。在实施例中,该APP配置成在移动电话如智能电话或另一使能与所述听力装置或听力系统通信的便携装置上运行。

#### [0103] 定义

[0104] 声源的“近场”指靠近声源的区域,其中声压和声音质点速度不同相(波前不平行)。在近场中,声强度可随距离大幅变化(相较于远场而言)。近场通常限于到声源的距离约等于声音波长。声音的波长 $\lambda$ 由 $\lambda=c/f$ 给出,其中 $c$ 为声音在空气中的速度( $c_{\text{air}}=343\text{m/s}$ ,@20°C), $f$ 为频率。在 $f=1\text{kHz}$ 时,如声音波长为 $0.343\text{m}$ (即 $34\text{cm}$ )。另一方面,在声“远场”中,波前平行及声场强度每当距声源的距离翻倍时减小 $6\text{dB}$ (平方反比定律)。

[0105] 在本说明书中,“听力装置”指适于改善、增强和/或保护用户的听觉能力的装置如助听器或听力仪器或有源耳朵保护装置或其它音频处理装置,其通过从用户环境接收声信号、产生对应的音频信号、可能修改该音频信号、及将可能已修改的音频信号作为可听见的信号提供给用户的至少一只耳朵而实现。“听力装置”还指适于以电子方式接收音频信号、可能修改该音频信号、及将可能已修改的音频信号作为听得见的信号提供给用户的至少一只耳朵的装置如头戴式耳机或耳麦。听得见的信号例如可以下述形式提供:辐射到用户外耳内的声信号、作为机械振动通过用户头部的骨结构和/或通过中耳的部分传到用户内耳的声信号、及直接或间接传到用户耳蜗神经的电信号。

[0106] 听力装置可构造成以任何已知的方式进行佩戴,如作为佩戴在耳后的单元(具有将辐射的声信号导入耳道内的管或者具有安排成靠近耳道或位于耳道中的扬声器)、作为整个或部分安排在耳廓和/或耳道中的单元、作为连到植入在颅骨内的固定结构的单元、或作为整个或部分植入的单元等。听力装置可包括单一单元或几个彼此电子通信的单元。

[0107] 更一般地,听力装置包括用于从用户环境接收声信号并提供对应的输入音频信号的输入变换器和/或以电子方式(即有线或无线)接收输入音频信号的接收器、用于处理输入音频信号的(通常可配置的)信号处理电路、及用于根据处理后的音频信号将听得见的信号提供给用户的输出装置。在一些听力装置中,放大器可构成信号处理电路。该信号处理电路通常包括一个或多个(集成或单独的)存储器元件,用于执行程序或/或用于保存处理中使用(或可能使用)的参数和/或用于保存与听力装置的功能有关的信息和/或用于保存或登录信息(例如处理后的信息,如由信号处理电路提供),例如结合到用户的接口和/或到编

程装置的接口使用。在一些听力装置中,输出装置可包括输出变换器,例如用于提供空传声信号的扬声器或用于提供结构或液体传播的声信号的振动器。在一些听力装置中,输出装置可包括一个或多个用于提供电信号的输出电极。

[0108] 在一些听力装置中,振动器可适于经皮或由皮将结构传播的声信号传给颅骨。在一些听力装置中,振动器可植入在中耳和/或内耳中。在一些听力装置中,振动器可适于将结构传播的声信号提供给中耳骨和/或耳蜗。在一些听力装置中,振动器可适于例如通过卵圆窗将液体传播的声信号提供到耳蜗液体。在一些听力装置中,输出电极可植入在耳蜗中或植入在颅骨内侧上,并可适于将电信号提供给耳蜗的毛细胞、一个或多个听觉神经、听性脑干、听觉中脑、听觉皮层和/或大脑皮层的其它部分。

[0109] “听力系统”指包括一个或两个听力装置的系统。“双耳听力系统”指包括两个听力装置并适于协同地向用户的两只耳朵提供听得见的信号的信号的系统。听力系统或双耳听力系统还可包括“辅助装置”,其与听力装置通信并影响和/或受益于听力装置的功能。辅助装置例如可以是遥控器、音频网关设备、移动电话(如智能电话)、广播系统、汽车音频系统或音乐播放器。听力装置、听力系统或双耳听力系统例如可用于补偿听力受损人员的听觉能力损失、增强或保护正常听力人员的听觉能力和/或将电子音频信号传给人。

[0110] 本发明的实施方式例如可用在如助听器、头戴式耳机、耳朵保护系统或其组合的应用中。本发明还可用在将助听器与通信装置结合的应用中,如头戴式耳机、免提电话系统、移动电话、远程会议系统、广播系统、卡拉OK系统、教室放大系统等。

## 附图说明

[0111] 本发明的各个方面将从下面结合附图进行的详细描述得以最佳地理解。为清晰起见,这些附图均为示意性及简化的图,它们只给出了对于理解本发明所必要的细节,而省略其他细节。在整个说明书中,同样的附图标记用于同样或对应的部分。每一方面的各个特征可与其他方面的任何或所有特征组合。这些及其他方面、特征和/或技术效果将从下面的图示明显看出并结合其阐明,其中:

[0112] 图1A示出了根据本发明的包括传声器单元和一对听力装置的听力系统的第一示例性使用场景,图1A示出了音频信号从电话经传声器单元传给听力装置的场景。

[0113] 图1B示出了根据本发明的包括传声器单元和一对听力装置的听力系统的第二示例性使用场景,图1B示出了音频信号从电话直接传给听力装置的场景。

[0114] 图2A示出了用户佩戴根据本发明的包括一对听力装置及用于拾取用户自我语音的传声器单元的听力系统,传声器单元位于距用户嘴巴第一距离处。

[0115] 图2B示出了用户佩戴根据本发明的包括一对听力装置及用于拾取用户自我语音的传声器单元的听力系统,传声器单元位于距用户嘴巴第二距离处。

[0116] 图3示出了用户佩戴根据本发明的包括一对听力装置及用于拾取用户自我语音的传声器单元的听力系统,并示出了用于确定用户嘴巴与传声器单元的距离的方案。

[0117] 图4示出了用户佩戴根据本发明的包括一对听力装置及用于拾取用户自我语音的传声器单元的听力系统,并示出了用于确定传声器单元相对于全局参考方向的方向的方案。

[0118] 图5示出了用户佩戴根据本发明的包括一对听力装置及用于拾取用户自我语音的传声器单元的听力系统,并示出了传声器单元与听力装置之间的无线链路基于磁感应的情形。

[0119] 图6A示出了传声器单元在用户身上的第一位置和定向。

[0120] 图6B示出了传声器单元在用户身上的第二位置和定向。

[0121] 图7示出了根据本发明的听力系统实施例的示例性框图,其包括传声器单元和听力装置。

[0122] 图8示出了用于在特定选择的时间点(在“用户语音测试”期间)更新距离或时延或相对传递函数的情形。

[0123] 图9示出了根据本发明的听力装置的实施例。

[0124] 通过下面给出的详细描述,本发明进一步的适用范围将显而易见。然而,应当理解,在详细描述和具体例子表明本发明优选实施例的同时,它们仅为说明目的给出。对于本领域技术人员来说,基于下面的详细描述,本发明的其它实施方式将显而易见。

### 具体实施方式

[0125] 下面结合附图提出的具体描述用作多种不同配置的描述。具体描述包括用于提供多个不同概念的彻底理解的具体细节。然而,对本领域技术人员显而易见的是,这些概念可在没有这些具体细节的情形下实施。装置和方法的几个方面通过多个不同的块、功能单元、模块、元件、电路、步骤、处理、算法等(统称为“元素”)进行描述。根据特定应用、设计限制或其他原因,这些元素可使用电子硬件、计算机程序或其任何组合实施。

[0126] 电子硬件可包括微处理器、微控制器、数字信号处理器(DSP)、现场可编程门阵列(FPGA)、可编程逻辑器件(PLD)、选通逻辑、分立硬件电路、及配置成执行本说明书中描述的多个不同功能的其它适当硬件。计算机程序应广义地解释为指令、指令集、代码、代码段、程序代码、程序、子程序、软件模块、应用、软件应用、软件包、例程、子例程、对象、可执行、执行线程、程序、函数等,无论是称为软件、固件、中间件、微码、硬件描述语言还是其他名称。

[0127] 图1A和1B分别示出了根据本发明的包括传声器单元和一对听力装置的听力系统的示例性使用场景。在图1A和1B中,虚线箭头NEV(近端语音)指从听力装置用户U到远端听者FEP的(音频)通信,包含用户讲话时用户的话音或者使用完全或部分由传声器单元MICU拾取的话音。这是所提出的传声器单元降噪系统起作用的情形。实线箭头FEV指从远端讲话者FEP到听力装置用户U的(音频)信号传输(远端语音FEV)(经助听器HDL, HDR呈现),该通信包含远端人FEP讲话时的话音或者使用该话音。经图1A和1B中所示的“电话线”的通信通常(但不必然)是“半双工”通信,因为一次仅呈现一个人的话音。用户U和通信线路另一端处的人FEP之间的通信经用户的电话机、网络如公用电话交换网及远端人FEP的电话进行。在图1A和1B所示的听力系统实施例中,用户U在其左和右耳处佩戴包括左和右听力装置(如助听器HDL, HDR)的双耳助听器系统。左和右助听器HDL, HDR优选适于使能其间经耳间通信链路(如基于近场通信的链路,例如感应链路)交换信息(如控制信号,可能及音频信号,或其一部分)。用户将传声器单元MICU佩戴在胸部上(如在颈环中或者通过传声器单元的夹子附着到衣服上),距离和定向适当定位以经内置传声器(如两个以上传声器,例如传声器阵列)拾取用户的话音。用户将电话如移动电话(如智能电话)拿在手中。作为备选,电话可以任何其

它允许与电话的必要通信的方式佩戴、握持或定位(如在颈部周围,在口袋中,附着到一件衣服,附着到身体的一部分,位于包中,位于桌上等)。

[0128] 图1A示出了如包括远端人FEP的话音FEV的音频信号从用户U处的电话经传声器单元MICU传给听力装置HD<sub>L</sub>,HD<sub>R</sub>的场景。在该情形下,听力系统配置成使能在传声器单元MICU及左和右听力装置HD<sub>L</sub>,HD<sub>R</sub>之间建立音频链路。具体地,传声器单元(至少)包括使能将(如远端)音频信号FEV从传声器单元传给左和右听力装置中的每一个的天线和收发器电路。该链路例如可基于远场通信,如符合标准化(如蓝牙或蓝牙低功率)或专有方案。作为备选,该链路可基于近场通信如利用磁感应。

[0129] 图1B示出了如包括远端人FEP的话音FEV的音频信号从用户U处的电话直接传给听力装置HD<sub>L</sub>,HD<sub>R</sub>的场景(代替经传声器单元)。在该情形下,听力系统配置成使能在电话及左和右听力装置HD<sub>L</sub>,HD<sub>R</sub>之间建立音频链路。具体地,左和右听力装置HD<sub>L</sub>,HD<sub>R</sub>包括(至少)使能从电话接收(如远端)音频信号FEV的天线和收发器电路。该链路例如可基于远场通信,如符合标准化(如蓝牙或蓝牙低功率)或专有方案。

[0130] 图2A和2B示出了用户佩戴根据本发明的包括一对听力装置和用于拾取用户自我语音的传声器单元的听力系统,传声器单元分别位于距用户嘴巴第一和第二距离处。

[0131] 相较于总是位于实质上同样位置的听力仪器HD<sub>L</sub>,HD<sub>R</sub>,体戴传声器单元MICU(例如包括传声器阵列)在其每次安装时可位于不同位置,如图2A和2B中的传声器单元MICU的不同位置所示(参见图2A和2B中用户U的嘴巴(声源)与传声器单元MICU之间的不同距离D<sub>1</sub>和D<sub>2</sub>)。为获得感兴趣的声音(来自佩戴传声器单元的人的语音)的良好方向性能,知道从传声器到感兴趣的声源的方向很重要。由于感兴趣的声音靠近传声器,声压级在两个传声器处将不同(声学近场),及传声器处的声压级之间的差将取决于嘴巴与传声器M<sub>1</sub>,M<sub>2</sub>之间的距离。为此,为获得良好的方向性能,不仅应知道到感兴趣的声源的方向,而且还应知道感兴趣的声源与传声器之间的距离。在图2A、2B中,嘴巴与相应传声器之间的距离由嘴巴到传声器单元的距离D<sub>1</sub>,D<sub>2</sub>及传声器间距离L<sub>12</sub>(在此为传声器M<sub>1</sub>和M<sub>2</sub>之间的距离)确定。嘴巴到传声器单元的距离D<sub>1</sub>,D<sub>2</sub>被示为看作从嘴巴中间到传声器单元的传声器M<sub>1</sub>与M<sub>2</sub>之间的中途的距离。嘴巴到传声器单元的方向MO-MD在图2A、2B中示为记为OV(MO-MD)的粗箭头。传声器单元MICU的参考方向(记为MD<sub>REF</sub>的箭头)例如可通过传声器单元的壳体(如边缘)或者(如图2A、2B中所示)由相对于传声器单元的传声器形成的轴(在此通过第一和第二传声器M<sub>1</sub>,M<sub>2</sub>)确定。

[0132] 为使用传声器单元的传声器阵列获得良好的方向性能,具有感兴趣的声源与不同传声器之间的传递函数或者(作为备选)传声器之间关于感兴趣的声源的相对(归一化)传递函数RTF的良好估计量是有利的。我们将该传递函数称为“视向量d”。换言之,视向量d为从目标声源(在此为用户自我语音,即从用户嘴巴)到传声器单元的传声器的(如相对)声学传递函数的表示。视向量优选在传声器单元的传声器的电输入信号中目标(用户语音)信号存在或为主(例如高概率地存在,例如 $\geq 70\%$ )时确定(或者在听力系统使用之前确定或者自适应确定)。传声器间协方差矩阵及对应于该协方差矩阵的主本特征值的特征向量在其基础上确定(例如参见EP2701145A1或EP2882204A1)。对应于协方差矩阵的主本特征值的特征向量为视向量d。该视向量取决于目标信号相对于传声器单元的传声器的相对位置(及从目标声源到传声器单元MICU的相应传声器M<sub>1</sub>,M<sub>2</sub>的声学通道的传播性质)。

[0133] 有不同的方法可用于提高体戴系统的方向性能。

[0134] 一种方法是在佩戴体戴传声器单元的人正讲话的同时估计从声源到传声器的传递函数(如视向量/RTF)。该传递函数例如可在电话通话期间确定,因为如果遥远线路安静,则该人可能讲话。在实施例中,左和右听力装置 $HD_L$ 和 $HD_R$ 中的至少一个配置成从电话接收直接电音频信号(表示远端通信伙伴的话音)。在实施例中,左和右听力装置中的至少一个包括话音活动检测器,用于确定所接收的直接电音频信号(电话信号)中是否(或何种概率地)存在话音。

[0135] 估计从声源到传声器的传递函数的另一种方法是使用听力装置(如听力仪器)确定何时存在自我话音(假定用户佩戴处于运行状态的听力装置)。在实施例中,左和右听力装置 $HD_L$ , $HD_R$ 中的一个或两个包括话音活动检测器,用于检测由听力装置的传声器拾取的信号是否包括人类话音。在实施例中,听力装置包括专用自我话音检测器,适于指明何时存在用户话音(或二元(1,0)或 $[0,1]$ 之间的某一概率)。在实施例中,听力装置和传声器单元适于在其间建立通信链路以使其能在此期间交换如话音活动信息。

[0136] 代替自适应估计视向量 $d$ (RTF)(或者除此之外),提出估计距离 $D$ 或时延 $\Delta t$ ,可能及从传声器单元到用户嘴巴的方向 $\theta$ 。在实施例中,听力系统包括或有权使用距离 $D$ (或时延 $\Delta t$ )(可能)及方向 $\theta$ 的对应值及多组随频率而变的波束形成器权重 $w(D,k)$ (或 $w(\Delta t,k)$ )或 $w(D,\theta,k)$ (或 $w(\Delta t,\theta,k)$ )的字典, $k=1,\dots,K$ ,其中 $K$ 为子频带数。每组保存的波束形成器权重(近似地)对应于中心值附近的距离(或时延,可能及角度)范围。在实施例中,听力系统配置成确定从用户嘴巴到传声器单元的当前距离 $D'$ 并从所述字典选择一组波束形成器权重 $w(D'',k)$ ,其中 $D''$ 为最接近当前(估计的)距离 $D'$ 的距离,并将该组波束形成器权重应用于波束形成器滤波单元。这具有只需要确定一个距离(或时延,及非必须地,一个角度)的优点(从嘴巴到传声器单元中的固定点如到传声器例如最近的传声器(如图2A、2B中的 $M1$ )的距离,或者到两个传声器之间的中点的距离(如图2A、2B中所示的 $D1$ )。如果视向量被确定,到每一传声器 $M1,M2$ 的随频率而变的传递函数(如针对传声器 $M1$ 和 $M2$ 的 $d_1(k),d_2(k)$ )(或者如果假定 $M1$ 为参考传声器,从 $M1$ 到 $M2$ 的一个相对传递函数( $d_2(k)/d_1(k)$ ))及随频率而变的传声器间噪声协方差矩阵必须确定以提供当前波束形成器权重 $w(k,m)$ , $m$ 为(当前)时间指数。

[0137] 嘴巴与传声器单元(或者传声器单元的传声器)之间的距离或者声音在嘴巴与传声器单元(或传声器单元的传声器)之间的传播时延例如可按下面的概述确定。图3示出了用户佩戴根据本发明的包括一对听力装置及用于拾取用户自我话音的传声器单元的听力系统,并示出了用于确定用户嘴巴与传声器单元的传声器之间的距离的方案。在本说明书中,假定用户佩戴一听力装置或者一对听力装置。在该情形下,我们可利用嘴巴分别与左和右听力仪器 $HD_L$ 和 $HD_R$ 之间的距离 $D_L$ 和 $D_R$ 通常日复一日地(其中听力仪器已被卸下和再次安装)变化不大的事实。但体戴传声器单元 $MIC_U$ 与嘴巴之间的距离可能每次安装体戴传声器单元时均不同。传声器单元 $MIC_U$ 位于(如固定到)用户身体上(如衣服上,或者附着到用户身体上,例如使用松紧带或橡皮圈)。知道嘴巴与听力仪器传声器之间的大约距离 $D_R,D_L$ ,我们可找到到体戴传声器单元 $MIC_U$ 的距离 $D1$ (或对应的时延 $\Delta t$ )。在实施例中,距离 $D1$ (或时延 $\Delta t$ )基于来自传声器单元的传声器之一的声学信号与从听力仪器处的传声器获得的声学信号之间的互相关进行估计,参见图3。如果我们知道嘴巴与听力仪器 $HD_R,HD_L$ 之间的距离 $D_R,D_L$ ,我们可得到绝对距离。作为备选,我们可得到相较于体戴传声器单元(参见图3中记为

MICU' 的虚线框) 的参考位置 $D_{REF}$ 的距离变化。在实施例中, 传声器单元的参考位置具有容易辨认的距离 $D_{REF}$ 及从用户嘴巴到传声器单元MICU' 的方向 $MO-MD_{REF}$ 。在实施例中, 传声器单元MICU' 的参考位置的参考方向 $MO-MD_{REF}$ 等于重力方向(纵向方向)。在实施例中, 听力装置和传声器单元适于在其间建立通信链路以使能在其间交换如信息信号, 例如包括音频信号(或音频信号的部分, 例如所选频带), 或者互相关值或者时延或者话音活动标示值等。

[0138] 当从用户嘴巴到体戴传声器单元MICU的距离(图2、3中的 $D_1$ )已知时, 我们可选择一组方向系数(如随频率而变的波束形成器权重 $w(k)$ , 其中 $k$ 为频带指数, 例如连同表示其它距离的其它多组波束形成器权重一起保存在位于传声器单元的存储器中的字典中), 其不仅考虑传声器单元的传声器之间的时延, 而且考虑传声器之间随距离而变的衰减。假定波束形成器权重 $w(D, k)$ 的字典针对不同的嘴巴到传声器距离 $D$ 确定, 传声器单元具有与正常运行期间用户佩戴的传声器单元同样的规格(如几何构型, 如传声器间距离, 图2A、2B、3中的 $L_{12}$ )。

[0139] 此外, 传声器单元可被倾斜(使得传声器单元的参考方向 $MD_{REF}$ (如两个传声器之间的轴)未指向用户嘴巴的方向)。图4示出了用户佩戴根据本发明的包括一对听力装置和用于拾取用户自我话音的传声器单元的听力系统, 并示出了用于确定传声器单元相对于全局参考方向的相对方向的方案。在该情形下, 视向量 $d$ 不仅取决于传声器单元与嘴巴之间的距离 $D_1$ , 而且取决于传声器单元的参考方向 $MD_{REF}$ 与从传声器单元到嘴巴的由粗箭头表示的方向之间的角度 $\theta$ (在图4中, 距离 $D_1$ 为从嘴巴到两个传声器 $M_1, M_2$ 之间的中点的距离)。因而, 我们根据传声器间距离 $L_{12}$ 、到嘴巴的距离 $D_1$ 及传声器阵列被倾斜多少(角度 $\theta$ )可得到最合适的(如随频率而变的)方向权重 $w(D, \theta, k)$ 。假定体戴传声器阵列位于嘴巴下方(使得嘴巴到传声器单元方向 $MO-MD$ 等于或近似等于纵向方向 $GD_{REF}$ , 即使得角度 $\theta =$ 图4中的角度 $\theta'$ ), 我们可从内置加速计(如3D加速计)或陀螺仪将传声器阵列倾斜估计为传声器单元的参考方向 $MD_{REF}$ 与重力方向之间的角度 $\theta'$ 。考虑当前倾斜角 $\theta$ 的有效的传声器间距离 $L'_{12}$ 在图4中示出( $L'_{12} = L_{12} \cdot \cos\theta$ )并形成嘴巴分别与传声器 $M_1$ 和 $M_2$ 之间的当前距离 $D(M_1), D(M_2)$ 的一部分, 其中 $D(M_1) = D_1 - 1/2L'_{12}$ 及 $D(M_2) = D_1 + 1/2L'_{12}$ 。

[0140] 如上面提及的, 听力系统可访问的波束形成器权重 $w(D, \theta, k)$ 的字典可使能纯粹基于嘴巴到传声器单元距离及倾斜角动态更新波束形成器滤波单元(无需确定视向量和传声器间噪声协方差矩阵)。

[0141] 如果体戴传声器装置包含具有两个或三个正交线圈的磁性无线链路, 我们可基于每一线圈处的信号强度不仅确定到听力仪器的距离, 而且确定该体戴传声器装置相对于听力仪器的角度, 藉此还确定相对于嘴巴的角度。这在图5中示出。

[0142] 图5示出了用户佩戴根据本发明的包括一对听力装置及用于拾取用户自我话音的传声器单元的听力系统, 并示出了传声器单元与听力装置之间的无线链路基于磁感应。

[0143] 在图5的实施例中, 体戴传声器单元MICU包含天线和收发器电路, 用于建立到左和右听力装置 $HD_L, HD_R$ 的磁感应链路。传声器单元MICU的天线包括几个电感器线圈, 其线圈轴相对于彼此成角度。在图5的实施例中, 天线包括三个相互正交(3D)的电感器线圈 $ANT_x, ANT_y, ANT_z$ , 这些线圈具有分别平行于正交坐标系统的 $x, y$ 和 $z$ 轴的线圈轴。左和右听力装置 $HD_L, HD_R$ 中的每一个对应地包括包含至少一(如单一)电感器线圈的天线, 电感器线圈配置成与传声器单元MICU的天线感应耦合以使能在其间建立感应通信链路。通过考虑在传声器单

元的不同天线线圈处分别从左和右听力装置接收的信号强度,不仅可能估计到相应听力装置的距离,而且可估计传声器单元的3D线圈天线 $ANT_x, ANT_y, ANT_z$ 相对于左和右听力仪器 $HD_L, HD_R$ 的线圈天线 $ANT_L, ANT_R$ 之一或每一个的定向。假定听力仪器在安装在用户U身上时其天线线圈的线圈轴的定向(至少近似地)已知(如相对于全局参考方向 $GD_{REF}$ )及假定传声器单元的天线线圈相对于传声器单元的参考轴 $MD_{REF}$ 的定向已知(设计选项),传声器单元相对于全局参考方向 $GD_{REF}$ (如重力方向)的定向(如角度 $\theta$ )可被确定。从传声器单元到相应的左和右听力装置 $HD_L, HD_R$ 的距离和方向分别由虚线粗箭头(向量) $D_{HDL}$ 和 $D_{HDR}$ 指明。在实施例中,传输的场强度从左和右听力装置 $HD_L, HD_R$ 传到传声器单元,及测量在传声器单元的3D天线的每一线圈处接收的场强度。其间建立无线链路的两个便携装置(由同一人佩戴)的传输和接收天线的相互定向(在给定时间)的估计例如在EP2838210A1中描述。从而,可估计传声器单元相对于全局参考方向 $GD_{REF}$ 的定向(如角度 $\theta$ )。

[0144] 在实施例中,(传声器单元的)多输入波束形成器滤波单元包括提供滤波器权重 $w_{mvdr}(k,m)$ 的MVDR滤波器,所述滤波器权重 $w_{mvdr}(k,m)$ 基于视向量 $d(k,m)$ 及噪声信号的输入单元间(如传声器间)协方差矩阵 $R_{vv}(k,m)$ (噪声信号例如为在用户未讲话时接收的信号),其中 $k$ 和 $m$ 分别为频带指数和时间帧指数。

[0145] 在实施例中,多输入降噪系统配置成自适应估计波束形成器滤波单元对于源自相对于用户位于特定位置的目标声源的目标信号的当前视向量 $d(k,m)$ 。在优选实施例中,相对于用户的特定位置为用户嘴巴的位置。

[0146] 视向量 $d(k,m)$ 为包括元素 $(i=1,2,\dots,M)$ 的 $M$ 维向量,第 $i$ 个元素 $d_i(k,m)$ 定义从目标信号源(在相对于传声器单元的输入单元(传声器)的给定位置)到第 $i$ 个输入单元(如传声器的声学传递函数,或者从第 $i$ 个输入单元(传声器)到参考输入单元(传声器)的相对声学传递函数。向量元素 $d_i(k,m)$ 对于特定频率 $k$ 和时间单位 $m$ 通常为复数。视向量 $d(k,m)$ 可基于来自信号源的在相应输入单元(传声器)处测得的信号 $s_i(k,m), i=1,2,\dots,M$ 从输入单元间协方差矩阵 $\hat{R}_{ss}(k,m)$ 估计(当信号源位于给定位置(如用户嘴巴的位置)时)。

[0147] 从传声器间协方差矩阵 $\hat{R}_{ss}(k,m)$ 确定视向量 $d(k,m)$ 及从视向量 $d(k,m)$ 和传声器间噪声协方差矩阵 $R_{vv}(k,m)$ 确定波束形成器滤波权重 $w_{mvdr}(k,m)$ 例如在[Kjems and Jensen;2012]中描述。

[0148] 在实施例中,多组默认波束形成器权重 $w_{mvdr}(D_p,k)$ (对应于嘴巴与传声器单元的传声器之间的多个不同距离 $D_p(p=1,\dots,N_b)$ (和/或方向 $\theta_q,q=1,\dots,N_\theta$ ) )在离线校准过程中确定,例如在具有头部和躯干模拟器(如HATS,来自Brüel&Kjær Sound&Vibration Measurement A/S的头部和躯干模拟器4128C)的录音室中进行,从仿真头的嘴巴播放语音信号,及传声器单元安装在仿真头的“胸部”上的多个不同位置(对应于所述距离 $D_i$ )。在实施例中,多组默认波束形成器权重从针对用户(代替模拟器)的测量结果确定。在实施例中,默认波束形成器权重保存在听力系统如传声器单元的存储器中。这样,当已确定当前距离 $D'$ (和/或角度 $\theta'$ )时,可选择和应用一组适当的波束形成器权重。

[0149] 在实施例中,波束形成器权重 $w_{mvdr}(k,m)$ 自适应确定或选择。

[0150] 图6A和6B示出了传声器单元在用户身上的两个不同位置和定向(参见图3和4)。这些图用于说明传声器单元MICU可附着到用户U的可变表面(如衣服,如胸部等)上,使得传声

器单元MICU相对于用户嘴巴的位置/方向可随时间变化。因而,波束形成器-降噪优选应自适应前述变化,如本发明(及更具体地,EP2701145A1)中描述的。结合图1A和1B,图6A、6B示出了用户U佩戴一对助听器HDL, HDR并使传声器单元MICU例如经连接元件如夹子附着到头部下面的身体上。传声器单元配置成拾取用户自我话音OV(参见从用户嘴巴到传声器单元的粗虚线箭头)及将对应的信号(自我话音音频,参见粗箭头)传给电话装置(“电话”)。传声器装置和电话装置配置成能够交换不同于音频的其它数据(参见记为“数据”的细虚线箭头)。两个传声器M1, M2的传声器轴(Mic轴)在两个实施例中指明(及等于传声器单元的参考轴MDREF)。在该情形下,视向量 $d(k, m)$ 为包括元素 $d_1, d_2$ 的二维向量,其定义从目标信号源(“喂”,用户嘴巴, U)到传声器单元MICU的传声器M1, M2的声传递函数(或从传声器之一到另一定义为参考传声器的传声器的相对声传递函数)。图6A可表示其预先确定的(参考)视向量(可能及传声器间协方差矩阵、和/或对应的波束形成器滤波权重)已确定的传声器单元的(预定)参考位置。在图6A中,传声器参考轴MDREF平行于重力(即纵向),其在图6A、6B中标示为全局参考方向GDREF。图6B示出了传声器单元的偏离参考位置的位置。因此,在图6B的情形下,自适应波束形成器滤波单元必须(至少)提供或使用视向量的更新(优选及噪声功率估计量或噪声协方差矩阵)。波束形成器权重的自适应更新在本发明中描述及在[Kjems and Jensen; 2012]或EP2701145A1中进一步详细描述。作为备选,对应于从传声器单元到用户嘴巴的不同距离(可能及方向)的不同的预先确定的多组视向量、噪声协方差矩阵和/或波束形成器滤波权重的字典可保存在听力系统的存储器中,及在给定情形下选择适当的值并应用于波束形成器。

[0151] 图7示出了一听力系统,包括适于位于用户耳朵处或耳朵中或者适于完全或部分植入在用户头部中的听力装置HD及包括适于位于用户处并拾取用户语音的单独的传声器单元MICU。传声器单元MICU包括M个输入单元IU<sub>i</sub>,  $i=1, 2, \dots, M$ ,每一输入单元配置成拾取或接收表示来自传声器单元的环境(理想地,来自用户U,参见图7中的“来自U”)的声音NEV'的信号 $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, M$ )及配置成按多个频带和多个时刻的时频表示提供对应的电输入信号 $X_i$ 。M大于或等于2。在图7的实施例中,输入单元IU<sub>1</sub>-IU<sub>M</sub>被示为包括相应的输入变换器IT<sub>1</sub>-IT<sub>M</sub>(如传声器),用于将输入声音 $x_1-x_M$ 转换为相应的(如数字化的)电输入信号 $x'_1-x'_M$ ,及每一输入单元包括用于将电(时域)输入信号 $x'_1-x'_M$ 转换为按时频表示(k, m)的相应电输入信号 $X_1-X_M$ 的滤波器组AFB。所有M个输入单元可与IU<sub>1</sub>和IU<sub>M</sub>一样,或者可个性化,例如包括个别的归一化或均衡滤波器和/或有线或无线收发器。在实施例中,一个或多个输入单元包括配置成从另一装置接收音频信号的有线或无线收发器,从而使能从空间上与传声器单元分开的输入变换器提供输入,例如从用户的一个或多个听力装置HD的一个或多个传声器(或者从另一传声器单元)。时频域输入信号 $X_i, i=1, 2, \dots, M$ 馈给控制单元CONT及多输入降噪系统NRS以提供包括用户语音的目标信号s的估计量 $\hat{S}$ 。多输入降噪系统NRS包括多输入波束形成器滤波单元BF,其在工作时连接到多个输入单元IU<sub>i</sub>,  $i=1, \dots, M$ 并配置成确定(或应用)滤波器权重 $w(k, m)$ 以提供波束成形信号Y,其中来自不同于目标信号源(用户语音)的方向的其它方向的信号分量被衰减,而来自目标信号源的方向的信号分量被保持不衰减或者相较来自其它方向的信号分量较少地衰减。图7实施例的多通道降噪系统NRS还包括单通道降噪单元SC-NR,其在工作时连接到波束形成器滤波单元BF并配置成减少波束成形信号Y中的残余噪声并提供目标信号(用户语音)的估计量 $\hat{S}$ 。传声器单元还可包括信号处理单元SPU

(虚线框),用于进一步处理目标信号的估计量 $\hat{S}$ 并提供进一步处理的信号 $p\hat{S}$ 。传声器单元还包括天线和收发器电路ANT,RF-Rx/Tx,用于将用户语音的估计量 $\hat{S}$ (或进一步处理的信号 $p\hat{S}$ )传给另一装置如通信装置(在此由“至电话”标示,实质上包括信号NEV,近端语音即用户语音)。收发器单元(或信号处理单元)可包括合成滤波器组,以将用户语音的估计量或者进一步处理/传输的信号提供为时域信号。在实施例中,信号NEV作为时频域信号传输。

[0152] 传声器单元包括控制单元CONT,配置成提供多输入波束形成器滤波单元的控制。控制单元CONT包括保存视向量的参考值 $d$ (可能及噪声协方差矩阵的参考值,和/或合成波束形成器权重 $w_{ij}$ )的存储器MEM。在实施例中,针对传声器单元在用户身体上的相应位置的示例性视向量(和/或噪声协方差矩阵,和/或合成波束形成器权重 $w(D, \theta, k)$ )的字典保存在存储器MEM中。在实施例中,控制单元CONT配置成确定传声器单元MICU在用户身体上相对于用户嘴巴的当前位置。在实施例中,控制单元配置成基于当前确定的传声器单元位置从所述字典选择适当的视向量 $d$ 和/或一组波束形成器权重 $w_{ij}(D, \theta, k)$ 。控制单元CONT包括相关单元如互相关单元XCOR,用于确定听力装置HD的传声器信号 $IN_m$ (经听力装置与传声器单元之间的无线链路WL从听力装置接收(参见图7中的虚线粗箭头,通过相应的收发器单元建立))与传声器单元的传声器信号之一(如 $x'_i$ ) (在此 $x'_i$ 来自输入变换器 $IT_i$ ) (如图3中的传声器 $M_i$ )之间的互相关。互相关用于确定声学信号从用户嘴巴到相应传声器的到达时间 $t_a$ 的差(从而确定提供最佳互相关值的时间差 $\Delta t(HD-MICU) = t_a(HD) - t_a(MICU)$ (=提供互相关最大值的时滞))。知道用户嘴巴与听力装置 $HD_R, HD_L$ (参见图3)之间的距离 $D_R$ (和/或 $D_L$ ),前述值例如提前确定并保存在存储器MEM中,用户嘴巴与传声器单元的传声器 $M_i$ 之间的距离 $D_i$ 可确定为 $D_i = D_L$ (或 $D_R$ ) -  $\Delta t(HD-MICU) \cdot c_{air}$ ,其中 $c_{air}$ 为声音在空气中的速度。控制单元CONT还包括检测器DET,例如用于确定传声器单元MICU相对于参考方向(如全局参考方向 $GD_{REF}$ ,例如参见图4)的定向。检测器例如可包括加速度传感器(如加速计,例如3D加速计),和/或定向传感器(如陀螺仪)或者如结合图5描述的基于磁通信链路的相对天线定向的检测器。控制单元CONT还包括话音活动检测器VAD,和/或适于接收关于用户和/或当前与用户电话通话的远端人的当前话音活动(参见来自听力装置的信号 $VD$ ,其监视从外部电话(图1A、1B中的电话)无线接收的信号上的话音活动)的信息(估计量)。话音活动信息例如可用于提供自适应降噪系统NRS以控制降噪系统的更新的定时(当用户讲话时更新视向量 $d$ ,及当用户未讲话时更新噪声协方差矩阵 $R_{vv}$ ,后者例如通过在无线接收的信号中检测到话音活动指明)。

[0153] 在图7的实施例中,互相关的确定在位于传声器单元MICU中的控制单元CONT中的单元XCOR中进行。在另一实施例中,互相关(或时延 $\Delta t$ )的确定可在听力装置HD中进行(例如在检测器单元DET中,其应从传声器单元接收传声器信号 $x'_i$ )并传给传声器单元(参见信号 $x_{cor}$ )。从而将传声器信号(参见信号 $x'_i$ )传给另一装置的负担在传声器单元上(其通常比听力装置大因而可具有更大的电池容量)。由于在无线链路中接收相较传输通常需要较少的功率(及所传输的相关(或时延)相较来自传声器的音频信号需要少得多的带宽),任务的这种划分从听力装置功率预算的角度有利。

[0154] 听力装置HD与传声器单元MICU之间的无线链路WL可基于近场通信或辐射场。用于实施无线链路WL的相应天线和收发器单元TU可包括结合图5所示和所述的天线线圈。在实

施例中,与传声器单元相对于参考方向的定向有关的信息在听力装置与传声器单元之间交换。在实施例中,与相应天线线圈传输和/或接收的信号(场)强度或功率电平有关的信息在听力装置与传声器单元之间交换。在实施例中,传声器单元的控制单元CONT配置成(至少部分)基于交换的信号(场)强度或功率电平确定传声器单元的当前定向。其间建立无线链路的(由同一人佩戴的)两个便携装置的传输和接收天线(在给定时间)的相互定向的估计例如在EP2838210A1中描述。

[0155] 在实施例中,从听力装置经无线链路WL传给传声器单元的信号被下采样和/或仅在所选时间窗口传输以节能。这是可允许的简化,因为传声器单元的位置或定向的变化通常将相当慢。在实施例中,听力装置HD的经无线链路WL传给传声器单元的传声器信号IN<sub>m</sub>被带通滤波以减少该链路的必要带宽(因而减小听力装置功率)。

[0156] 听力装置HD(如图1-6中的HD<sub>L</sub>或HD<sub>R</sub>)包括输入变换器如传声器MIC,用于将输入声音转换为电输入信号IN<sub>m</sub>。该听力装置可包括定向传声器系统(如结合传声器单元描述的多输入波束形成器和降噪系统,未在图7的实施例中示出),其适于增强用户环境中佩戴听力装置HD的用户的局部环境中的多个声源之中的目标声源。这样的目标信号(对于听力装置)通常不是用户自我语音。在特定通信运行模式下(如本发明中所述),其中用户自我语音由传声器单元MICU拾取,传声器信号IN<sub>m</sub>可经用于建立无线链路WL的收发器单元TU传给另一装置(在此传给传声器单元)。听力装置HD还包括天线ANT和收发器电路Rx/Tx,用于从另一装置如通信装置无线接收直接电输入信号,在此由标记“来自电话”指明,及接收图1A、1B的电话对话场景提及的信号FEV(远端语音)。收发器电路包括适当的解调电路,用于对所接收的直接电输入进行解调以提供表示音频信号(和/或控制信号)的直接电输入信号IN<sub>w</sub>。听力装置HD还包括选择和/或混合单元SEL-MIX,其使能选择电输入信号IN<sub>w</sub>, IN<sub>m</sub>之一或将适当的混合信号提供为合成输入信号RIN。选择和/或混合单元SEL-MIX由检测和控制单元DET经确定听力装置的运行模式的信号MOD控制(具体控制SEL-MIX单元)。检测和控制单元DET例如可包括用于识别运行模式的检测器(例如用于检测用户进行或希望进行电话通话)或配置成例如从外部传感器和/或从用户接口UI(经信号UC1)接收前述信息。检测器单元DET还可包括话音检测器,用于监视无线接收的信号IN<sub>w</sub>中的话音活动及用于经无线链路WL(和信号VD)将其标示传给传声器单元MICU。输入信号IN<sub>w</sub>和IN<sub>m</sub>根据听力装置HD中的特定应用而可以在时域或者在时频域。

[0157] 听力装置还包括信号处理单元SPU,用于处理合成输入信号RIN及例如适于提供随频率而变的增益和/或随电平而变的压缩和/或一个或多个频率范围(频带)到一个或多个其它频率范围(频带)的移频(具有或没有频率压缩),例如以补偿用户的听力受损。信号处理单元SPU提供处理后的信号PRS。听力装置还包括输出单元OU,用于基于处理后的电信号PRS提供配置成由用户感知为声学信号的刺激OUT。在图7的实施例中,输出变换器包括扬声器SP,用于将刺激OUT作为声学信号提供给用户(在此由“至U”及指图1A、1B的电话通话场合的信号FEV'(远端语音)指明)。作为备选或另外,听力装置可包括耳蜗植入件的多个电极或者骨导听力装置的振动器。

[0158] 听力系统(在此在听力装置HD中标示)包括用户接口UI,其使用户能影响听力系统(听力装置和/或传声器单元)的功能,例如进入或离开运行模式如通信(例如电话)模式。用户接口还可使关于当前运行模式的信息或者其它信息能呈现给用户,例如经遥控装置如智

能电话或具有适当显示和/或处理能力的其它通信装置。前述信息可包括来自传声器单元MICU的信息,例如由从传声器单元到听力装置HD(非必需的传声器信号 $x'_i$ 和话音检测信号VD等)及进一步经信号UC3到用户接口UI的无线链路WL中的细箭头指明。

[0159] 图7中所示的听力系统实施例如可例示图1B的场合的“近端”部分。

[0160] 图8示出了在特定选择的时间点(在“用户语音测试”期间)更新距离或时延或相对传递函数的情形。佩戴听力系统(包括左和右听力装置 $HD_L, HD_R$ 及传声器单元MICU)的用户经相应听力装置 $HD_L, HD_R$ 的扬声器 $SP_L, SP_R$ 而被指示开始用户语音测试(参见声学指令“语音测试:说1-2-3”)。听力系统(如信号处理器SPU)例如配置成在检测器DET(如包括电平检测器)指明传声器单元处的声音电平低于预定(背景)阈电平 $L_{bg}$ 时(这时可假定不存在用户自我语音)产生指令。在用户语音测试期间,用户讲话(如“1-2-3”),与传声器单元的当前几何构型有关的参数(如RTF,  $D, \Delta t$ )被更新。更新后的参数用于选择(或确定)传声器单元的降噪系统NRS的有关波束形成器滤波权重。作为备选或另外,用户语音测试可经传声器单元MICU的用户接口UI被使得开始。

[0161] 图9示出了根据本发明的示例性的听力装置。该听力装置HD如助听器属于特定类型(有时称为耳内接收器式或RITE型),包括适于位于用户耳朵之处或之后的BTE部分BTE和适于位于用户耳道之中或之处并包括输出变换器OT如接收器(扬声器)的ITE部分ITE。BTE部分和ITE部分通过连接元件IC及ITE部分和BTE部分中的内部接线(例如参见BTE部分中示意性地示为 $W_x$ 的接线)进行连接(如电连接)。BTE部分和ITE部分中的每一个分别包括输入变换器IT1和IT2,这些输入变换器用于从佩戴听力装置的用户的环境拾取声音。在实施例如中,ITE部分相对敞开,从而使空气能通过和/或在其周围,进而使用户感知的堵耳效应最小化。在实施例如中,根据本发明的ITE部分相较典型的仅包括扬声器OT和圆顶的RITE型敞开程度要小以将扬声器定位在耳道中。在实施例如中,根据本发明的ITE部分包括耳模并用于使相对大的声压级能传送到用户(例如具有严重到深度听力损失的用户)的耳膜。

[0162] 在图9的听力装置HD实施例如中,BTE部分包括输入单元,其包含两个输入变换器(如传声器 $IT_1, IT_2$ ),每一输入变换器用于提供表示输入声音信号的电输入音频信号。输入单元还包括两个(如可个别选择的)无线接收器 $WLR_1, WLR_2$ ,用于提供相应的直接接收的辅助音频输入和/或控制或信息信号。BTE部分包括其上安装多个电子元件(在此为MEM, DET, SPU)的衬底SUB。BTE部分包括一个或多个检测器DET,例如配置成控制或影响听力装置中的处理。BTE部分还包括可配置的信号处理单元SPU,其包括处理器和存储器并适于选择和/或处理一个或多个电输入音频信号和/或一个或多个直接接收的辅助音频输入信号,基于当前选择的(启用的)助听器程序/参数设置(例如基于一个或多个检测器DET和/或来自用户接口的输入自动选择)。可配置的信号处理单元SPU提供增强的音频信号。在实施例如中,信号处理单元SPU形成集成电路如数字信号处理器的一部分。在实施例如中,听力装置包括单独的存储器芯片MEM,其包含助听器参数(如与波束形成有关)和程序。

[0163] 听力装置HD还包括输出单元OT(如输出变换器),其基于来自信号处理单元的增强的音频信号或源自其的信号将增强的输出信号提供为可由用户感知为声音的刺激。作为备选或另外,来自信号处理单元的增强的音频信号根据具体应用场合可进一步处理和/或传给另一装置。

[0164] 在图9的听力装置实施例如中,ITE部分包括扬声器(接收器)OT形式的输出单元,用

于将电信号转换为声信号。ITE部分还包括用于拾取来自环境的声音的(第三)输入变换器IT<sub>3</sub>(如传声器)。此外,该(第三)输入变换器IT<sub>3</sub>可根据声环境或多或少拾取来自输出变换器OT的声音(非故意的声反馈)。ITE部分还包括引导件如圆顶或耳模DO,用于引导并将ITE部分定位在用户耳道中。

[0165] 听力装置如信号处理单元SPU例如包括反馈抵消系统,用于减少或抵消从输出变换器OT到BTE部分的输入变换器(如到IT<sub>3</sub>和/或到输入变换器IT<sub>1</sub>,IT<sub>2</sub>)的反馈。

[0166] 图9中例示的听力装置HD为便携装置,其还包括用于对BTE部分和ITE部分的电子元件供电的电池BAT如可再充电电池。在多个不同实施例中,图9的听力装置可实施图1A、2A、2B、3、4、5、6A、6B、7和8中分别所示的听力装置实施例。

[0167] 在实施例中,听力装置如助听器(如信号处理单元SPU)适于提供随频率而变的增益和/或随电平而变的压缩和/或一个或多个频率范围到一个或多个其它频率范围的移频(具有或没有频率压缩),例如以补偿用户的听力受损。

[0168] 当由对应的过程适当代替时,上面描述的、“具体实施方式”中详细描述的和权利要求中限定的装置的结构特征可与本发明方法的实施结合。

[0169] 除非明确指出,在此所用的单数形式“一”、“该”的含义均包括复数形式(即具有“至少一”的意思)。应当进一步理解,说明书中使用的术语“具有”、“包括”和/或“包含”表明存在所述的特征、整数、步骤、操作、元件和/或部件,但不排除存在或增加一个或多个其他特征、整数、步骤、操作、元件、部件和/或其组合。应当理解,除非明确指出,当元件被称为“连接”或“耦合”到另一元件时,可以是直接连接或耦合到其他元件,也可以存在中间插入元件。如在此所用的术语“和/或”包括一个或多个列举的相关项目的任何及所有组合。除非明确指出,在此公开的任何方法的步骤不必须精确按所公开的顺序执行。

[0170] 应意识到,本说明书中提及“一实施例”或“实施例”或“方面”或者“可”包括的特征意为结合该实施例描述的特定特征、结构或特性包括在本发明的至少一实施方式中。此外,特定特征、结构或特性可在本发明的一个或多个实施方式中适当组合。提供前面的描述是为了使本领域技术人员能够实施在此描述的各个方面。各种修改对本领域技术人员将显而易见,及在此定义的一般原理可应用于其他方面。

[0171] 权利要求不限于在此所示的各个方面,而是包含与权利要求语言一致的全部范围,其中除非明确指出,以单数形式提及的元件不意指“一个及只有一个”,而是指“一个或多个”。除非明确指出,术语“一些”指一个或多个。

[0172] 因而,本发明的范围应依据权利要求进行判断。

[0173] 参考文献

[0174] ●EP2701145A1 (Retune, Oticon) 26.02.2014

[0175] ●[Kjems and Jensen;2012]U.Kjems,J.Jensen,“Maximum likelihood based noise covariance matrix estimation for multi-microphone speech enhancement”, 20th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2012), pp.295-299,2012.

[0176] ●EP2838210A1 (Oticon) 18.02.2015

[0177] ●EP2882204A1 (OTICON) 10.06.2015

[0178] ●[Farmani et al.;2017]Mojtaba Farmani,Michael Syskind Pedersen,Zheng-Hua Tan,and Jesper Jensen,Informed Sound Source Localization Using

---

Relative Transfer Functions for Hearing Aid Applications, IEEE/ACM TRANSACTIONS ON AUDIO, SPEECH, AND LANGUAGE PROCESSING, VOL. 25, NO. 3, pp. 611-623, 2017.

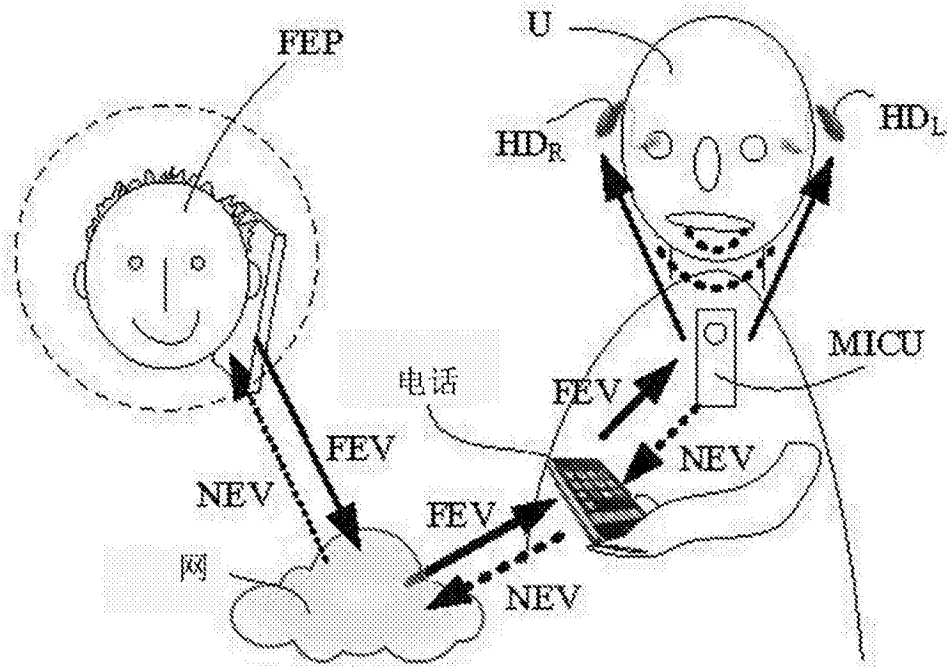


图1A

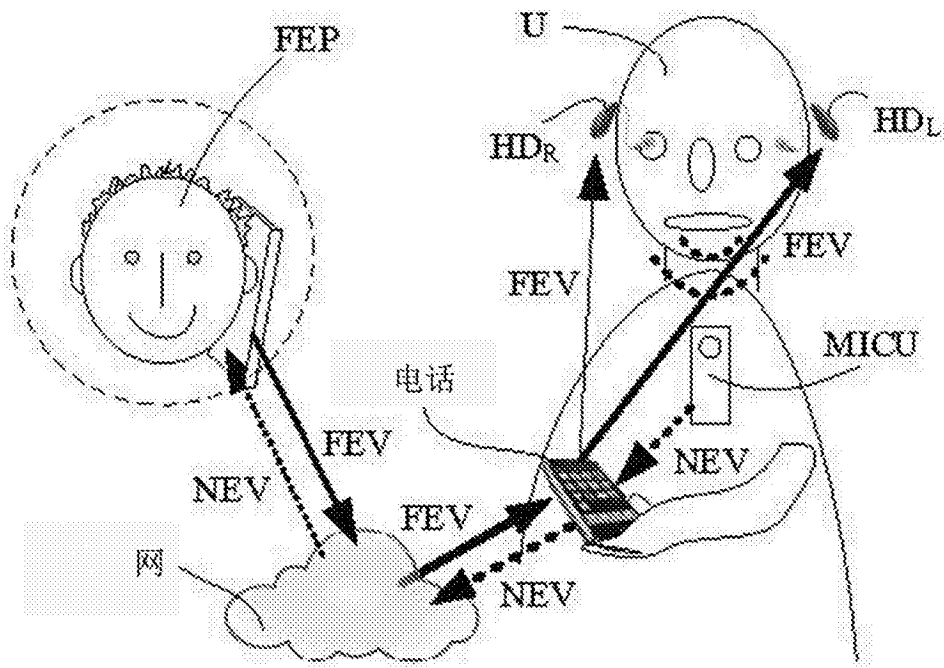


图1B

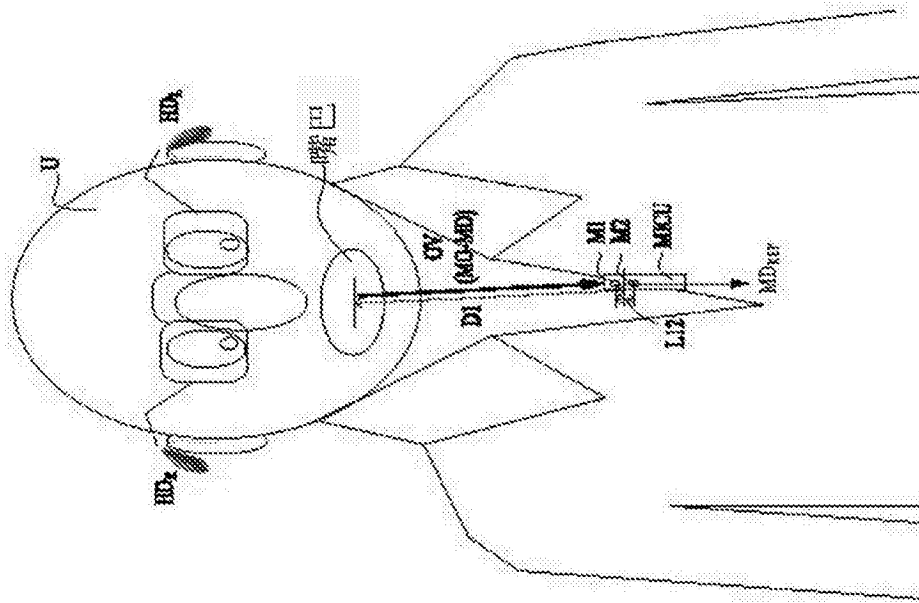


图2A

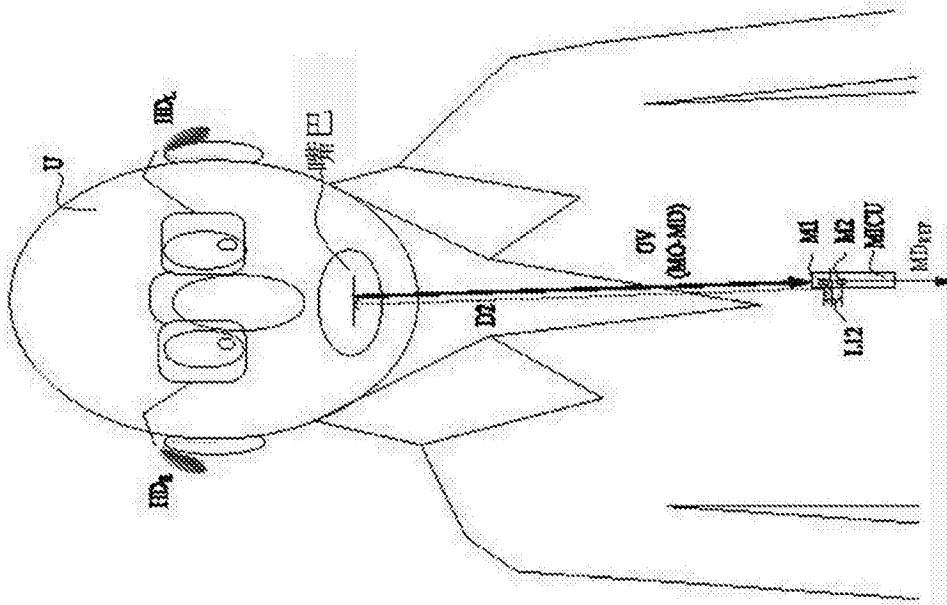


图2B

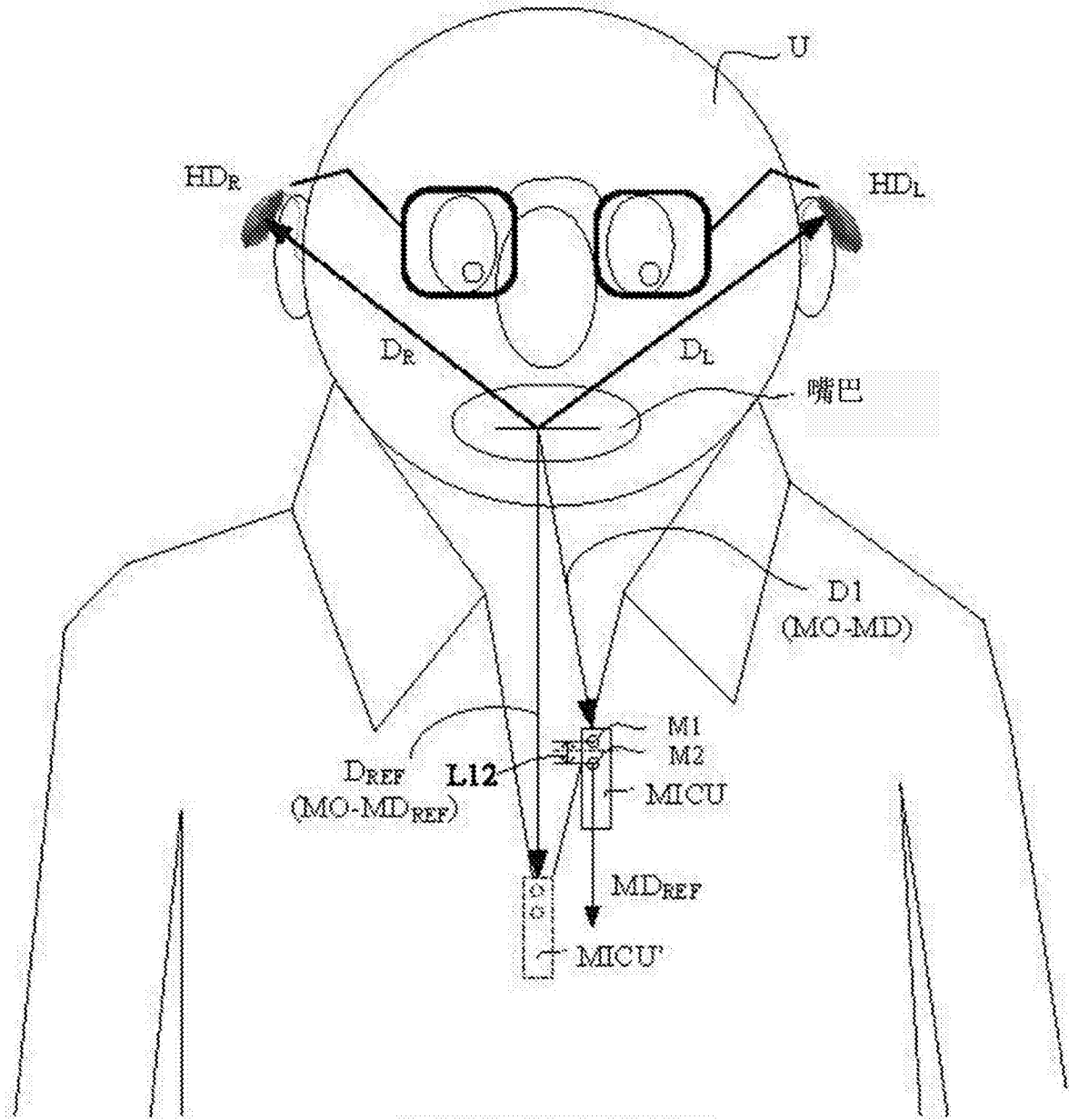


图3

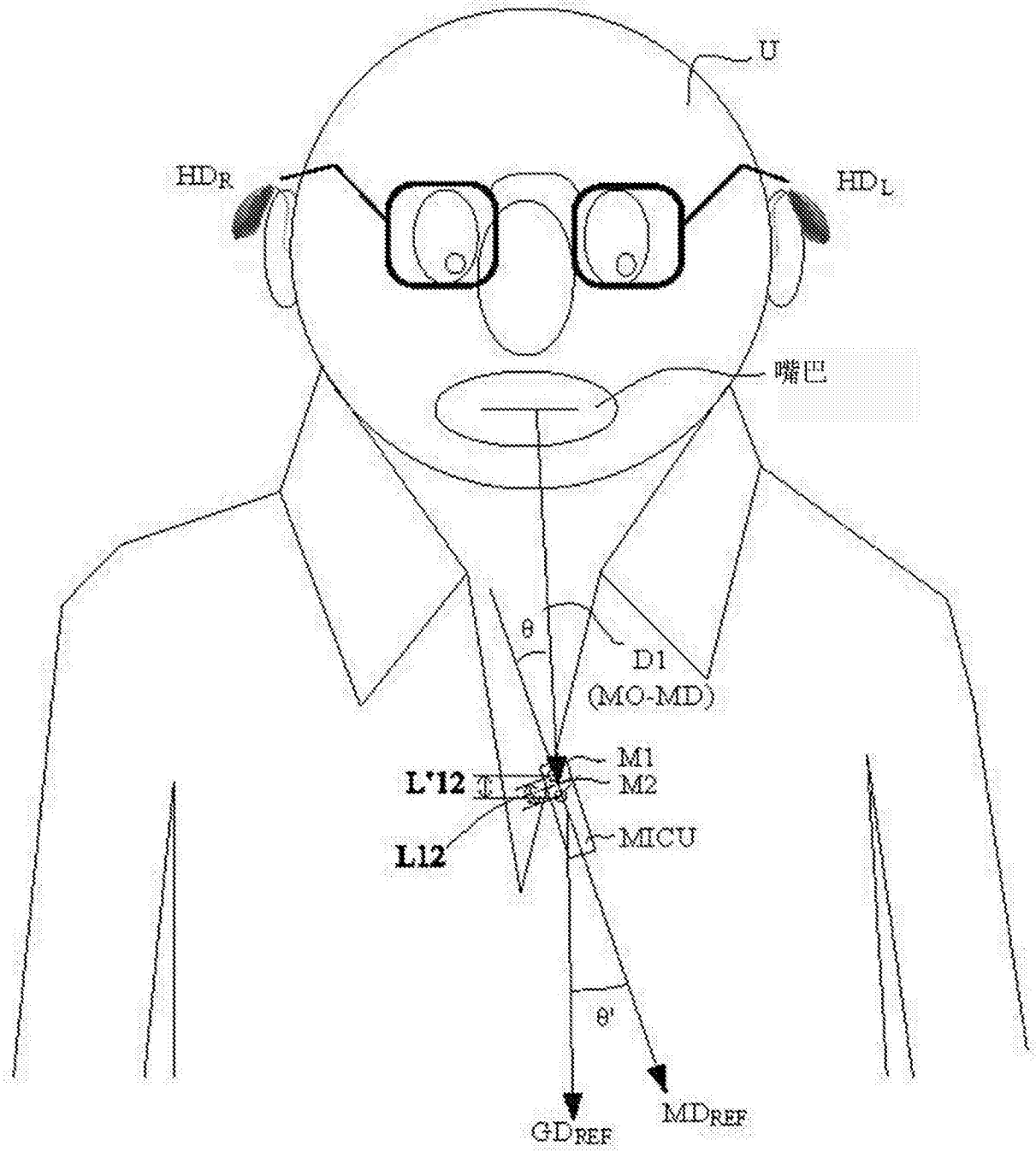


图4

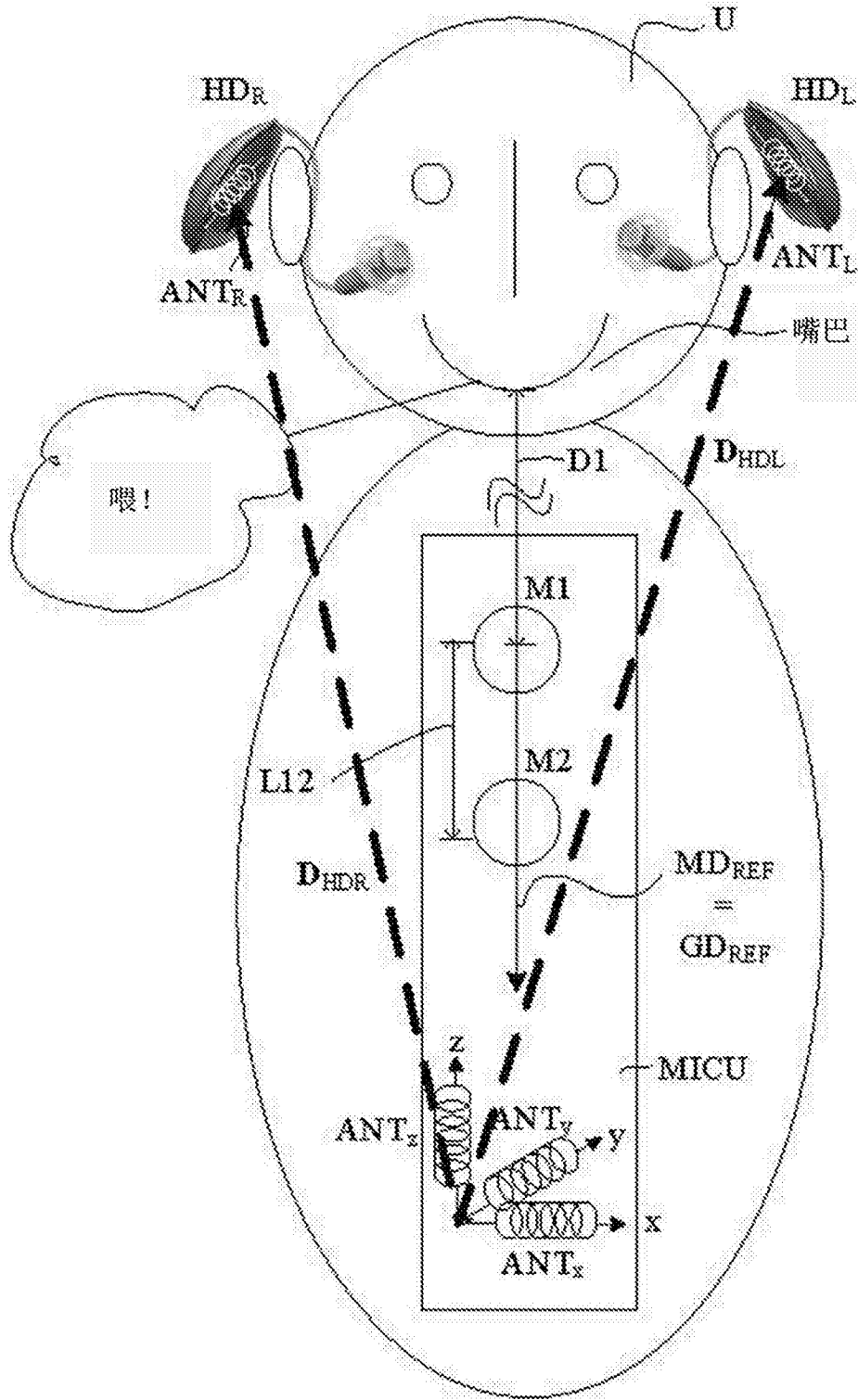


图5

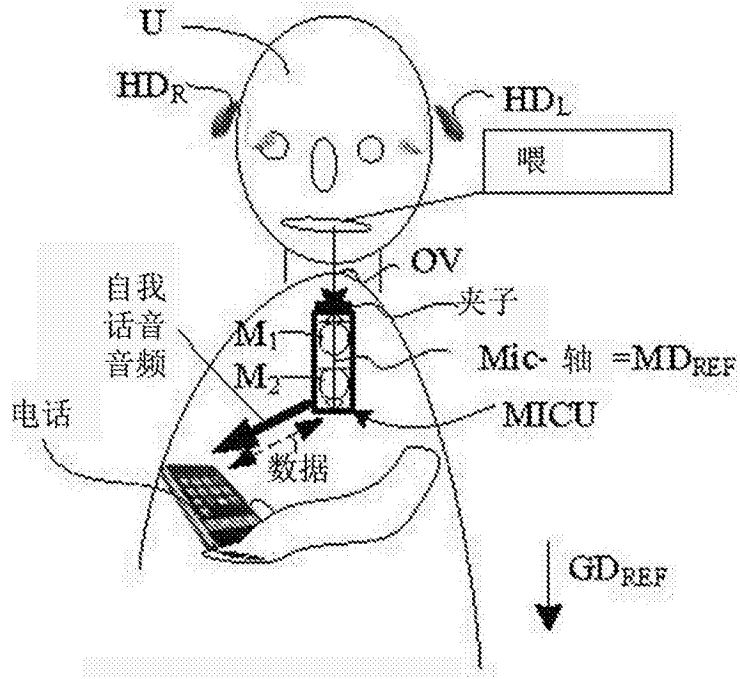


图6A

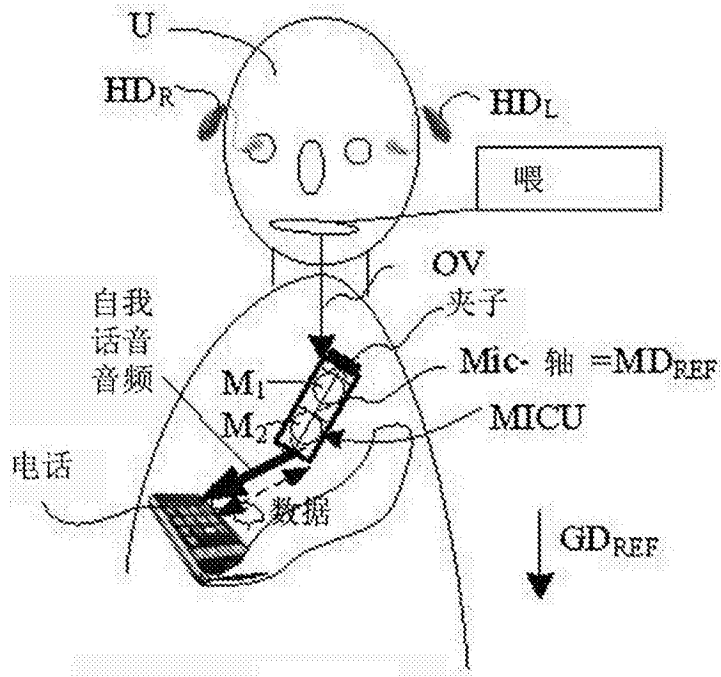


图6B

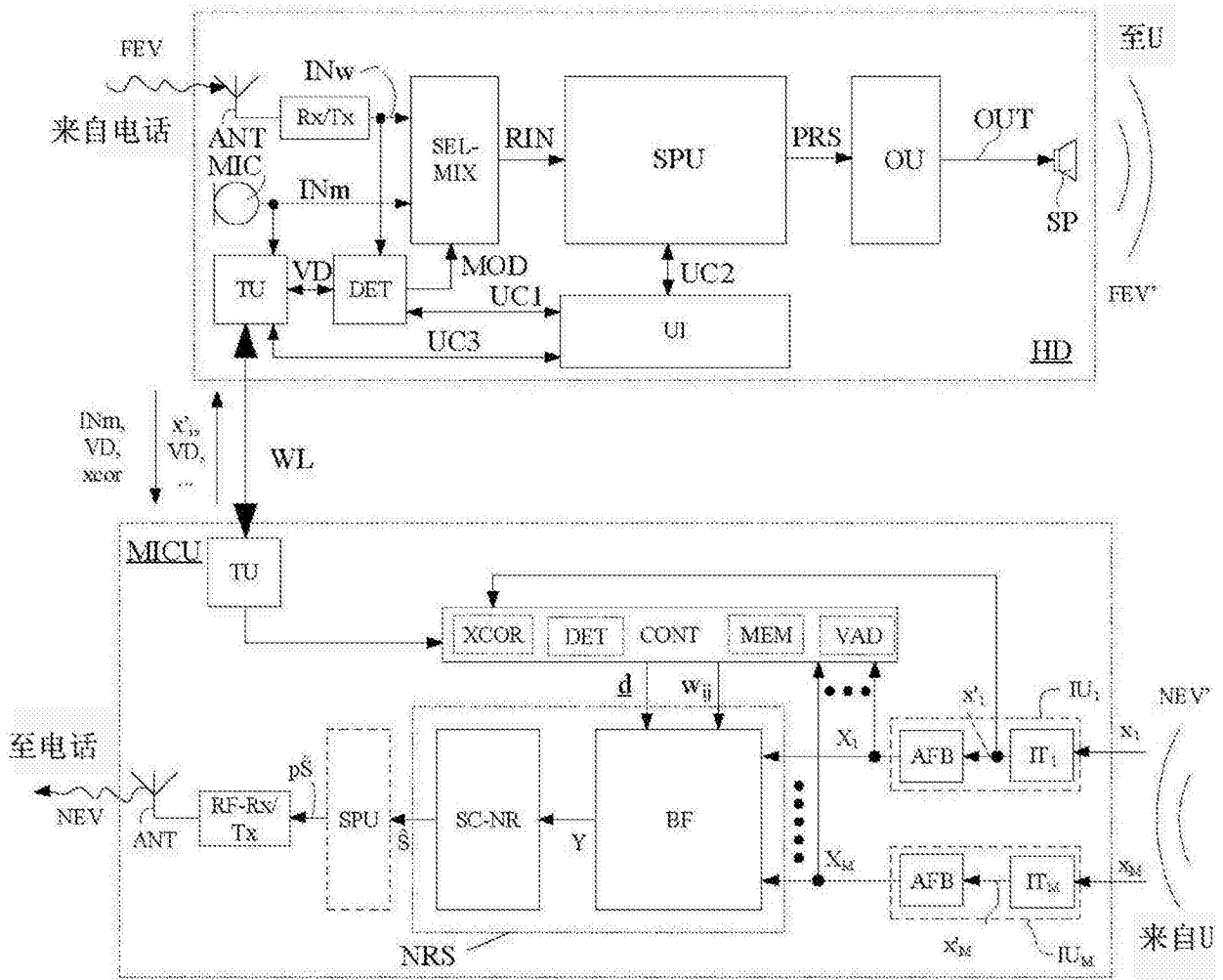


图7

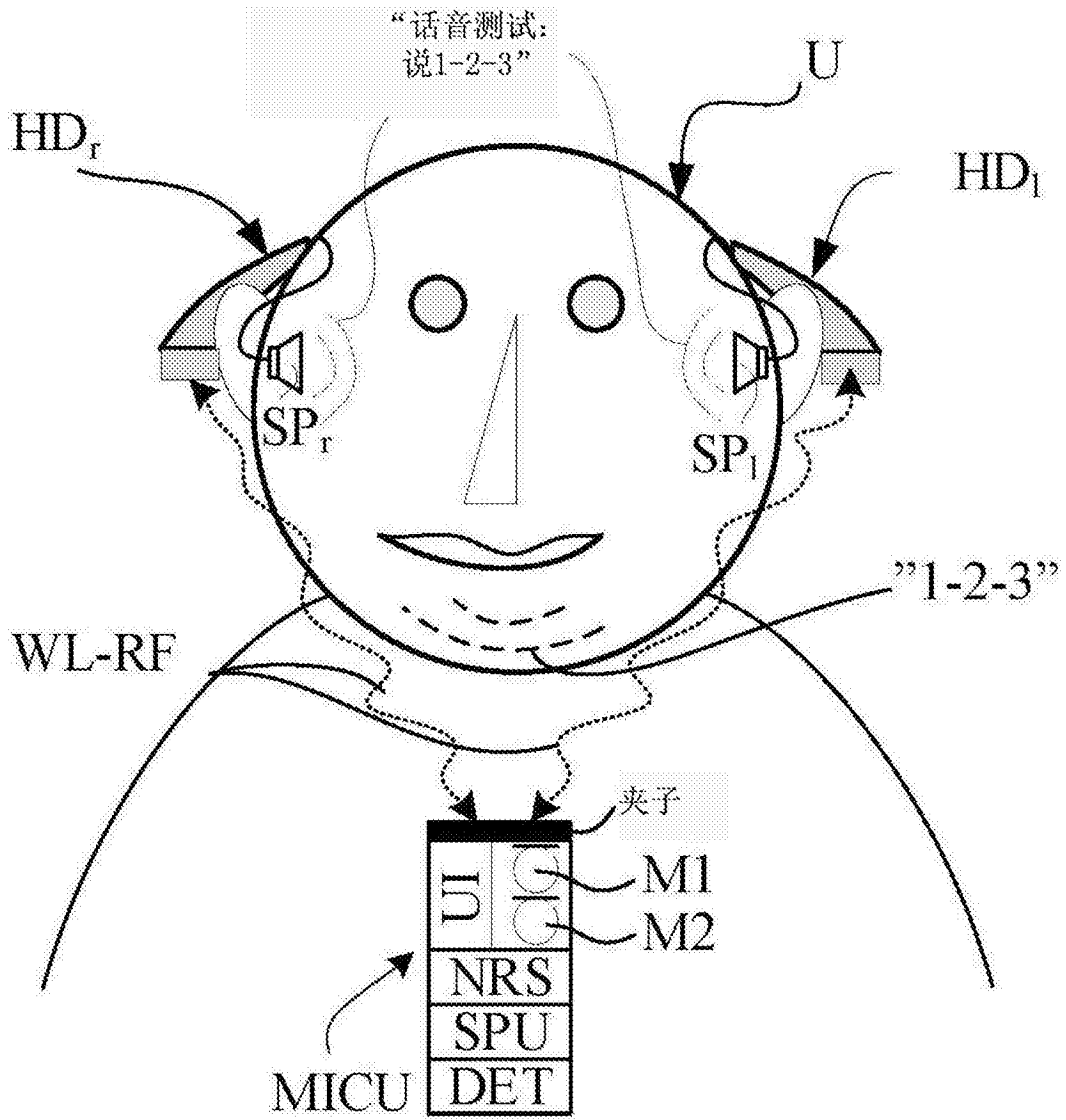


图8

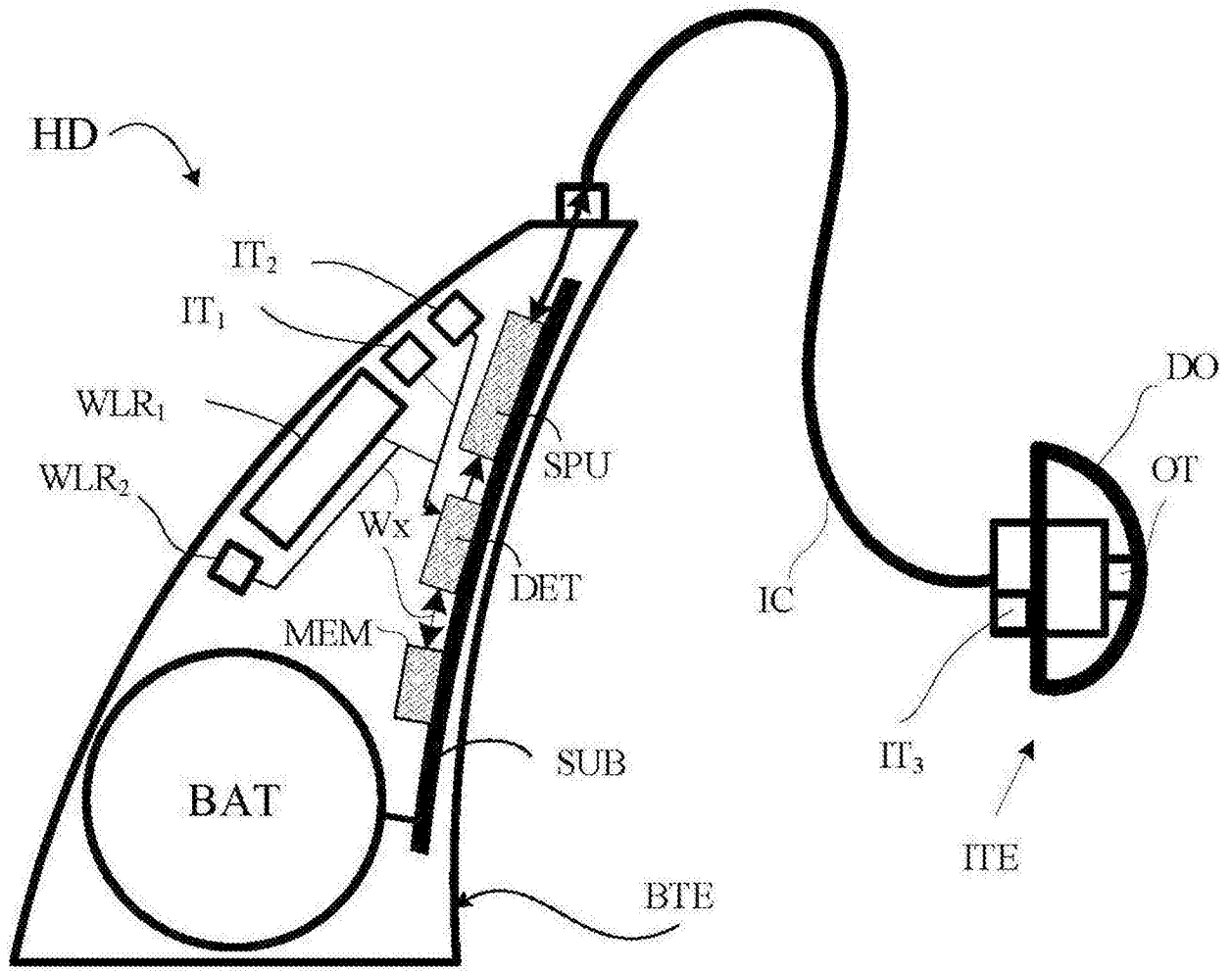


图9