



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101040565 B

(45) 授权公告日 2010.05.12

(21) 申请号 200580035027.3

(22) 申请日 2005.10.10

(30) 优先权数据

10/965,130 2004.10.14 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2007.04.13

(86) PCT申请的申请数据

PCT/AU2005/001568 2005.10.10

(87) PCT申请的公布数据

W02006/039748 EN 2006.04.20

(73) 专利权人 杜比实验室特许公司

地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 大卫·S·麦克格拉斯

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 朱智勇

(51) Int. Cl.

H04S 5/00 (2006.01)

H04R 5/02 (2006.01)

(56) 对比文件

US 6421446 B1, 2002.07.16, 说明书全文.

W0 2004/028205 A2, 2004.04.01, 说明书全文.

US 6091894 A, 2000.07.18, 说明书全文.

CN 98233555 A, 1999.06.16, 说明书全文.

W0 1997/025834 A2, 1997.07.17, 说明书全文.

US 6766028 B1, 2004.07.20, 说明书全文.

W0 1998/020707 A1, 1998.05.14, 说明书第6页第1行-第9页第6行, 第10页第18行-24行、图1-3.

审查员 齐经纬

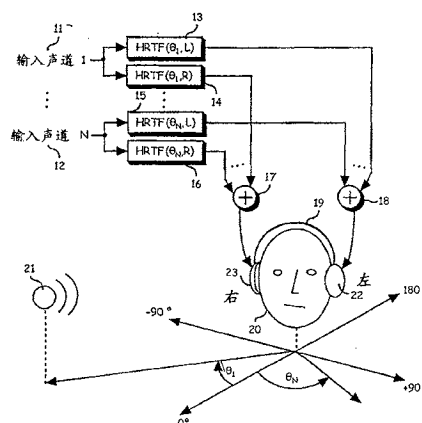
权利要求书 7 页 说明书 15 页 附图 12 页

(54) 发明名称

用于移动立体声内容的改善的头相关传递函数

(57) 摘要

本发明涉及一种处理音频信号的方法, 一种接收音频信号的设备, 一种承载供处理器实现处理音频信号的方法的指令的载体, 以及一种承载滤波数据以实现音频信号的滤波器的载体。所述方法包括通过产生一对对应于用 HRTF 滤波器对每个输入信号进行滤波以及把 HRTF 滤波信号相加的结果的输出信号的处理对一对音频输入信号进行滤波。所述 HRTF 滤波器对是使得通过耳机收听该对输出信号的收听者感受到来自一对期望的虚拟扬声器位置的声音。此外, 所述滤波是使得在该对音频输入信号包含移动信号分量的情况下, 通过耳机收听这对输出信号的收听者被提供所述移动信号分量是从位于虚拟扬声器位置之间的中心位置上的虚拟声源发出的感觉。



1. 一种方法,包括:

接收用于音频再现的一对音频输入信号;

混洗所述输入信号以创建与输入信号之和成比例的和信号以及与输入信号之差成比例的差信号;

针对收听位于中心位置的虚拟声源的收听者通过近似于中央 HRTF 两倍的滤波器对所述和信号进行滤波;

针对收听一对虚拟扬声器的收听者通过近似于近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之差的滤波器对所述差信号进行滤波;以及

反混洗所述滤波和信号和滤波差信号以创建与所述滤波和与滤波差信号之和成比例的第一输出信号,以及与所述滤波和与滤波差信号之差成比例的第二输出信号,

以使得在该对音频输入信号包含移动信号分量的情况下,通过耳机收听第一和第二输出信号的收听者被提供所述移动信号分量是从位于中心位置的虚拟声源发出的感觉。

2. 如权利要求 1 中所述的方法,其中近似于中央 HRTF 两倍的滤波器作为通过用均衡滤波器分别对所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 进行滤波而分别获得的近耳 HRTF 和远耳 HRTF 的均衡型式之和被获得,而其中近似于所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之差的滤波器是具有基本上等于所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 的均衡型式之差的响应的滤波器。

3. 如权利要求 2 中所述的方法,其中所述均衡滤波器是与所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之和成比例的滤波器的逆滤波器。

4. 如权利要求 3 中所述的方法,其中所述均衡滤波器的响应通过在频域反转与所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之和成比例的滤波器响应来确定。

5. 如权利要求 3 中所述的方法,其中所述均衡滤波器的响应由自适应滤波器方法反转与所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之和成比例的滤波器响应来确定。

6. 如权利要求 1 中所述的方法,其中近似于中央 HRTF 两倍的滤波器是具有基本上等于期望中央 HRTF 两倍的响应的滤波器。

7. 如权利要求 1 中所述的方法,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于关于所述收听者对称的虚拟左侧扬声器位置和虚拟右侧扬声器位置,其中收听者和收听是对称的以使得近 HRTF 是所述虚拟左侧扬声器至左耳 HRTF 以及所述虚拟右侧扬声器至右耳 HRTF,并使得远 HRTF 是所述虚拟左侧扬声器至右耳 HRTF 以及所述虚拟右侧扬声器至左耳 HRTF。

8. 如权利要求 1 中所述的方法,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于虚拟左侧扬声器位置和虚拟右侧扬声器位置,其中所述近 HRTF 与虚拟左侧扬声器至左耳 HRTF 和虚拟右侧扬声器至右耳 HRTF 的平均成正比,并且其中所述远 HRTF 与虚拟左侧扬声器至右耳 HRTF 和虚拟右侧扬声器至左耳 HRTF 的平均成正比。

9. 如权利要求 1 中所述的方法,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于所述收听者前面的左前虚拟扬声器位置和右前虚拟扬声器位置。

10. 如权利要求 9 中所述的方法,其中所述左前和右前虚拟扬声器位置位于与收听者成 45 到 90 度之间数值的方位角上。

11. 如权利要求 1 中所述的方法,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于所述收听者后面的左后虚拟扬声器位置和右后虚拟扬声器位置。

12. 如权利要求 1 中所述的方法,其中所述音频输入信号是用于环绕声重放的一组超过两个的输入信号的子集,其中所述方法包括针对通过耳机进行的收听处理该组超过两个的输入信号,包括为每个所述输入信号创建虚拟扬声器位置。

13. 一种设备,包括:

用于混洗一对音频输入信号的装置,所述用于混洗的装置创建与所述输入信号之和成比例的和信号以及与所述输入信号之差成比例的差信号;

用于针对收听位于中心位置的虚拟声源的收听者通过近似于中央 HRTF 两倍的滤波器对所述和信号进行滤波的装置,其连接到所述用于混洗的装置;

用于针对收听一对虚拟扬声器的收听者通过近似于近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之差的滤波器对所述差信号进行滤波的装置,其连接到所述用于混洗的装置;以及

用于反混洗所述滤波和信号和滤波差信号的装置,所述用于反混洗的装置连接到所述用于混洗的装置,所述用于反混洗的装置创建与所述滤波和与滤波差信号之和成比例的第一输出信号,以及与所述滤波和与滤波差信号之差成比例的第二输出信号,

以使得在该对音频输入信号包含移动信号分量的情况下,通过耳机收听第一和第二输出信号的收听者被提供所述移动信号分量是从位于中心位置的虚拟声源发出的感觉。

14. 如权利要求 13 中所述的设备,其中近似于中央 HRTF 两倍的滤波器作为通过用均衡滤波器分别对所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 进行滤波而分别获得的近耳 HRTF 和远耳 HRTF 的均衡型式之和被获得,而其中近似于所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之差的滤波器是具有基本上等于所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 的均衡型式之差的响应的滤波器。

15. 如权利要求 14 中所述的设备,其中所述均衡滤波器是与所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之和成比例的滤波器的逆滤波器。

16. 如权利要求 15 中所述的设备,其中所述均衡滤波器的响应通过在频域反转与所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之和成比例的滤波器响应来确定。

17. 如权利要求 15 中所述的设备,其中所述均衡滤波器的响应由自适应滤波器方法反转与所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之和成比例的滤波器响应来确定。

18. 如权利要求 13 中所述的设备,其中近似于中央 HRTF 两倍的滤波器是具有基本上等于期望中央 HRTF 两倍的响应的滤波器。

19. 如权利要求 13 中所述的设备,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于关于所述收听者对称的虚拟左侧扬声器位置和虚拟右侧扬声器位置,其中收听者和收听是对称的以使得近 HRTF 是所述虚拟左侧扬声器至左耳 HRTF 以及所述虚拟右侧扬声器至右耳 HRTF,并使得远 HRTF 是所述虚拟左侧扬声器至右耳 HRTF 以及所述虚拟右侧扬声器至左耳 HRTF。

20. 如权利要求 13 中所述的设备,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于虚拟左侧扬声器位置和虚拟右侧扬声器位置,其中所述近 HRTF 与虚拟左侧扬声器至左耳 HRTF 和虚拟右侧扬声器至右耳 HRTF 的平均成正比,并且其中所述远 HRTF 与虚拟左侧扬声器至右耳 HRTF 和虚拟右侧扬声器至左耳 HRTF 的平均成正

比。

21. 如权利要求 13 中所述的设备,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于所述收听者前面的左前虚拟扬声器位置和右前虚拟扬声器位置。

22. 如权利要求 21 中所述的设备,其中所述左前和右前虚拟扬声器位置位于与收听者成 45 到 90 度之间数值的方位角上。

23. 如权利要求 13 中所述的设备,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于所述收听者后面的左后虚拟扬声器位置和右后虚拟扬声器位置。

24. 如权利要求 13 中所述的设备,其中所述音频输入信号是用于环绕声重放的一组超过两个的输入信号的子集,其中所述方法包括针对通过耳机进行的收听处理该组超过两个的输入信号,包括为每个所述输入信号创建虚拟扬声器位置。

25. 一种设备,包括:

具有输入以接收一对音频输入信号以创建与所述输入信号之和成比例的和信号以及与所述输入信号之差成比例的差信号的混洗器,该混洗器具有一个和信号输出和一个差信号输出;

连接到所述和信号输出以对该和信号进行滤波的和滤波器,该和滤波器针对收听位于中心位置的虚拟声源的收听者近似于中央 HRTF 的两倍;

连接到所述差信号输出以对该差信号进行滤波的差滤波器,该差滤波器针对收听一对虚拟扬声器的收听者近似于近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之差;以及

连接到所述和滤波器和差滤波器的输出以创建与所述滤波和与滤波差信号之和成比例的第一输出信号以及与所述滤波和与滤波差信号之差成比例的第二输出信号的反混洗器,

以使得在该对音频输入信号包含移动信号分量的情况下,通过耳机收听第一和第二输出信号的收听者被提供所述移动信号分量是从位于中心位置的虚拟声源发出的感觉。

26. 如权利要求 25 中所述的设备,其中近似于中央 HRTF 两倍的和滤波器的响应作为通过用均衡滤波器分别对所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 进行滤波而分别获得的近耳 HRTF 和远耳 HRTF 的均衡型式之和被获得,而其中所述差滤波器是具有基本上等于所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 的均衡型式之差的响应的滤波器。

27. 如权利要求 26 中所述的设备,其中所述均衡滤波器是与所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之和成比例的滤波器的逆滤波器。

28. 如权利要求 27 中所述的设备,其中所述均衡滤波器的响应通过在频域反转与所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之和成比例的滤波器响应来确定。

29. 如权利要求 27 中所述的设备,其中所述均衡滤波器的响应由自适应滤波器方法反转与所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之和成比例的滤波器响应来确定。

30. 如权利要求 25 中所述的设备,其中所述和滤波器具有基本上等于期望中央 HRTF 的两倍的响应。

31. 如权利要求 25 中所述的设备,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于关于所述收听者对称的虚拟左侧扬声器位置和虚拟右侧扬

声器位置,其中收听者和收听是对称的以使得近 HRTF 是所述虚拟左侧扬声器至左耳 HRTF 以及所述虚拟右侧扬声器至右耳 HRTF,并使得远 HRTF 是所述虚拟左侧扬声器至右耳 HRTF 以及所述虚拟右侧扬声器至左耳 HRTF。

32. 如权利要求 25 中所述的设备,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于虚拟左侧扬声器位置和虚拟右侧扬声器位置,其中所述近 HRTF 与虚拟左侧扬声器至左耳 HRTF 和虚拟右侧扬声器至右耳 HRTF 的平均成正比,并且其中所述远 HRTF 与虚拟左侧扬声器至右耳 HRTF 和虚拟右侧扬声器至左耳 HRTF 的平均成正比。

33. 如权利要求 25 中所述的设备,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于所述收听者前面的左前虚拟扬声器位置和右前虚拟扬声器位置。

34. 如权利要求 33 中所述的设备,其中所述左前和右前虚拟扬声器位置位于与收听者成 45 到 90 度之间数值的方位角上。

35. 如权利要求 25 中所述的设备,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于所述收听者后面的左后虚拟扬声器位置和右后虚拟扬声器位置。

36. 如权利要求 25 中所述的设备,其中所述音频输入信号是用于环绕声重放的一组超过两个的输入信号的子集,其中所述方法包括针对通过耳机进行的收听处理该组超过两个的输入信号,包括为每个所述输入信号创建虚拟扬声器位置。

37. 一种方法,包括:

通过产生对应于以下操作的结果的一对输出信号的处理对一对音频输入信号进行滤波:

用 HRTF 滤波器对每个输入信号进行滤波;并且

把 HRTF 滤波信号相加,

其中所述 HRTF 滤波器对使得通过耳机收听该对输出信号的收听者感受到来自一对期望虚拟扬声器位置的声音,并且

其中所述滤波使得在该对音频输入信号包含移动信号分量的情况下,通过耳机收听该对输出信号的收听者被提供所述移动信号分量是从位于所述虚拟扬声器位置之间的中心位置上的虚拟声源发出的感觉,

其中所述对该对音频输入信号进行的滤波使得该对音频输入信号之和被基本上等于期望中央 HRTF 的滤波器响应滤波。

38. 如权利要求 37 中所述的方法,其中所述 HRTF 滤波器对针对收听位于期望虚拟扬声器位置的虚拟扬声器对的收听者包括一个近耳 HRTF 和一个远耳 HRTF,其中该对音频输入信号的滤波包括:

混洗所述输入信号以创建与输入信号之和成比例的和信号以及与输入信号之差成比例的差信号;

针对收听位于中心位置的虚拟声源的收听者通过近似于中央 HRTF 两倍的滤波器对所述和信号进行滤波;

通过近似于所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之差的滤波器对所述差信号进行滤波;以及

反混洗所述滤波和信号和滤波差信号以创建与所述滤波和与滤波差信号之和成比例的第一输出信号,以及与所述滤波和与滤波差信号之差成比例的第二输出信号。

39. 如权利要求 38 中所述的方法,其中近似于中央 HRTF 两倍的滤波器是具有基本上等于期望中央 HRTF 两倍的响应的滤波器。

40. 如权利要求 37 中所述的方法,其中所述 HRTF 滤波器对包括一个均衡近耳 HRTF 和一个均衡远耳 HRTF,该均衡近耳 HRTF 和均衡远耳 HRTF 通过针对收听位于期望虚拟扬声器位置的虚拟扬声器对的收听者分别均衡近耳 HRTF 和远耳 HRTF 来获得,所述均衡使用一个被配置以使得针对收听位于中心位置的虚拟声源的收听者的所述均衡近耳 HRTF 和均衡远耳 HRTF 的平均是期望中央 HRTF 的均衡滤波器。

41. 如权利要求 40 中所述的方法,其中所述均衡滤波器是与所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 的平均成比例的滤波器的逆滤波器。

42. 如权利要求 37 中所述的方法,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于关于所述收听者对称的虚拟左侧扬声器位置和虚拟右侧扬声器位置,其中收听者和收听是对称的以使得近 HRTF 是所述虚拟左侧扬声器至左耳 HRTF 以及所述虚拟右侧扬声器至右耳 HRTF,并使得远 HRTF 是所述虚拟左侧扬声器至右耳 HRTF 以及所述虚拟右侧扬声器至左耳 HRTF。

43. 如权利要求 37 中所述的方法,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于虚拟左侧扬声器位置和虚拟右侧扬声器位置,其中所述近 HRTF 与虚拟左侧扬声器至左耳 HRTF 和虚拟右侧扬声器至右耳 HRTF 的平均成正比,并且其中所述远 HRTF 与虚拟左侧扬声器至右耳 HRTF 和虚拟右侧扬声器至左耳 HRTF 的平均成正比。

44. 如权利要求 37 中所述的方法,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于所述收听者前面的左前虚拟扬声器位置和右前虚拟扬声器位置。

45. 如权利要求 44 中所述的方法,其中所述左前和右前虚拟扬声器位置位于与收听者成 45 到 90 度之间数值的方位角上。

46. 如权利要求 37 中所述的方法,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于所述收听者后面的左后虚拟扬声器位置和右后虚拟扬声器位置。

47. 如权利要求 37 中所述的方法,其中所述音频输入信号是用于环绕声重放的一组超过两个的输入信号的子集,其中所述方法包括针对通过耳机进行的收听处理该组超过两个的输入信号,包括为每个所述输入信号创建虚拟扬声器。

48. 如权利要求 37 中所述的方法,其中所述对该对音频输入信号进行的滤波包括:
用均衡滤波器均衡一对音频输入信号以形成均衡信号,

以使得用所述 HRTF 滤波器对各自对所述音频输入信号对中的一个信号进行的滤波双耳化所述均衡信号以形成双耳化输出,并且

使得所述均衡和双耳化的组合等价于使用均衡 HRTF 对进行双耳化,均衡 HRTF 对的每个均衡 HRTF 是用于双耳化所述的被均衡滤波器均衡的均衡信号的对应的 HRTF,

其中,针对收听从位于第一和第二虚拟扬声器位置之间的中心位置发出的声音的收听

者,所述均衡 HRTF 的平均基本上等于期望的 HRTF,

使得在该对音频输入信号包括中心移动信号分量的情况下,通过耳机收听该对双耳化输出的收听者被提供所述中心移动信号分量是从位于中心位置上的虚拟声源发出的感觉。

49. 一种方法,包括:

为了音频再现,对一对音频输入信号进行滤波,所述滤波通过产生对应于以下操作的结果的一对输出信号的处理进行:

用 HRTF 滤波器对每个输入信号进行滤波;

把 HRTF 滤波信号相加;并且

串音消除相加后的 HRTF 滤波信号,

其中所述串音消除是针对通过位于第一组扬声器位置的扬声器收听该对输出信号的收听者的,

其中所述 HRTF 滤波器对使得收听该对输出信号的收听者感受到来自位于期望虚拟扬声器位置的一对虚拟扬声器的声音,并且

其中所述滤波使得在该对音频输入信号包含移动信号分量的情况下,通过位于第一组扬声器位置的该对扬声器收听该对输出信号的收听者被提供所述移动信号分量是从位于所述期望虚拟扬声器位置之间的中心位置上的虚拟声源发出的感觉,

其中所述对该对音频输入信号进行的滤波使得该对音频输入信号之和被基本上等于期望中央 HRTF 两倍的滤波器响应滤波。

50. 如权利要求 49 中所述的方法,其中所述 HRTF 滤波器对包括针对收听位于期望虚拟扬声器位置的虚拟扬声器对的收听者的一个近耳 HRTF 和一个远耳 HRTF,其中对该对音频输入信号进行的滤波包括:

混洗所述输入信号以创建与输入信号之和成比例的和信号以及与输入信号之差成比例的差信号;

针对收听位于中心位置的虚拟声源的收听者通过近似于中央 HRTF 两倍的滤波器对所述和信号进行滤波;

通过近似于所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之差的滤波器对所述差信号进行滤波;以及

反混洗所述滤波和信号和滤波差信号以创建与所述滤波和与滤波差信号之和成比例的第一输出信号,以及与所述滤波和与滤波差信号之差成比例的第二输出信号。

51. 如权利要求 50 中所述的方法,其中近似于中央 HRTF 两倍的滤波器是具有基本上等于期望中央 HRTF 两倍的响应的滤波器。

52. 如权利要求 49 中所述的方法,其中所述 HRTF 滤波器对包括一个均衡近耳 HRTF 和一个均衡远耳 HRTF,该均衡近耳 HRTF 和均衡远耳 HRTF 通过针对收听位于期望虚拟扬声器位置的虚拟扬声器对的收听者分别均衡近耳 HRTF 和远耳 HRTF 来获得,所述均衡使用一个被配置以使得针对收听位于中心位置的虚拟声源的收听者所述均衡近耳 HRTF 和均衡远耳 HRTF 的平均是期望中央 HRTF 的均衡滤波器。

53. 如权利要求 52 中所述的方法,其中所述均衡滤波器是与所述近耳 HRTF 和远耳 HRTF 的平均成比例的滤波器的逆滤波器。

54. 如权利要求 49 中所述的方法,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于关于所述收听者对称的虚拟左侧扬声器位置和虚拟右侧扬

声器位置,其中收听者和收听是对称的以使得近 HRTF 是所述虚拟左侧扬声器至左耳 HRTF 以及所述虚拟右侧扬声器至右耳 HRTF,并使得远 HRTF 是所述虚拟左侧扬声器至右耳 HRTF 以及所述虚拟右侧扬声器至左耳 HRTF。

55. 如权利要求 49 中所述的方法,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于虚拟左侧扬声器位置和虚拟右侧扬声器位置,其中所述近 HRTF 与虚拟左侧扬声器至左耳 HRTF 和虚拟右侧扬声器至右耳 HRTF 的平均成正比,并且其中所述远 HRTF 与虚拟左侧扬声器至右耳 HRTF 和虚拟右侧扬声器至左耳 HRTF 的平均成正比。

56. 如权利要求 49 中所述的方法,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于所述收听者前面的左前虚拟扬声器位置和右前虚拟扬声器位置。

57. 如权利要求 56 中所述的方法,其中所述左前和右前虚拟扬声器位置位于与收听者成 45 到 90 度之间数值的方位角上。

58. 如权利要求 49 中所述的方法,其中所述音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,其中所述虚拟扬声器对位于所述收听者后面的左后虚拟扬声器位置和右后虚拟扬声器位置。

59. 如权利要求 49 中所述的方法,其中所述音频输入信号是用于环绕声重放的一组超过两个的输入信号的子集,其中所述方法包括针对通过耳机进行的收听处理该组超过两个的输入信号,包括为每个所述输入信号创建虚拟扬声器。

用于移动立体声内容的改善的头相关传递函数

技术领域

[0001] 本发明涉及音频信号处理的领域,更具体地涉及通过滤波器处理声道以提供空间维度的感觉,包括在使用双耳或跨耳重放系统收听时正确定位一个移动的信号。

背景技术

[0002] 图 1 显示了一个普通的双耳重放系统,包括通过多个例如 FIR 滤波器的头相关传递函数 (HRTF) 滤波器处理多个声道以便为收听者 20 提供每个输入声道从特定方向出现的印象。图 1 显示了由信息的第一声道 11(声道 1),第二声道(声道 2),...,和第 N 声道 12(声道 N) 组成的 N 个音频源的处理。双耳重放系统用于使用收听者 20 佩戴的一对耳机 19 进行的重放。每个声道被一对 HRTF 滤波器处理,一个滤波器针对通过收听者左耳 22 的重放,另一个针对通过收听者 20 的右耳 23 的播放。因此第一 HRTF 滤波器对 13 和 14 直到第 N HRTF 滤波器对 15 和 16 被显示。针对通过收听者 20 左耳 22 重放的每个 HRTF 滤波器的输出由加法器 18 相加,而针对通过收听者 20 右耳 23 重放的每个 HRTF 滤波器的输出由加法器 17 相加。收听者 20 感觉到的每个声道的入射方向通过被应用于该声道的 HRTF 滤波器对的选择来确定。例如,在图 1 中,声道 1(11) 通过滤波器对 13,14 进行处理,以使得经由耳机 19 为收听者提供的音频输入给收听者一种声道 1(11) 的声音是从例如位置 21 的被表示为 θ_1 的特定到达方位角入射到该收听者的印象。同样地,针对第二声道的 HRTF 滤波器对被设计以使得声道 2 的声音是从被表示为 θ_2 的特定到达方位角入射到收听者,而针对第 N 声道的 HRTF 滤波器对被设计以使得声道 N(12) 的声音是从被表示为 θ_N 的特定到达方位角入射到收听者。

[0003] 为了简单起见,图 1 只显示了例如来自感觉源 21 的对应于声道 1 的感觉声音的到达角度的到达方位角。通常, HRTF 滤波器可被用来为收听者 20 提供对应于由入射方位角和入射仰角两者指定的任意到达方向的刺激。

[0004] HRTF 滤波器对是指为收听者的双耳 22,23 处理单个声道所需的两个单独的 HRTF 滤波器的组合,每只耳朵一个 HRTF 滤波器。因此,对于两声道的声音,两个 HRTF 滤波器对被使用。

[0005] 这里的描述主要针对两输入声道即立体声输入对系统被详细提供。把这里描述的情况扩展到三个或更多个输入声道是直接的,因此这样的扩展被认为包含在本发明的范围内。

[0006] 图 2 显示了包括两个音频输入即左声道输入 31 和右声道输入 32 的立体声双耳化器系统。两个声道输入中的每一个被单独处理,左声道输入通过 HRTF 对 33,34 处理,而右声道输入通过另一 HRTF 对 35,36 处理。在一个典型的情况中,左声道输入 31 和右声道输入 32 是为了对称的重放,以使得使用这两个 HRTF 对的双耳化的目标是为收听者提供分别从相对收听者 20 的中平面被对称放置的左右角度位置听到左右声道的感觉。参考图 2,如果 HRTF 对 33,34,35,36 是针对对称收听的,左声道被感觉是来自于位于方位角 θ 的源 37,而右声道被感觉是来自于为左侧感觉源 37 的方位角的负值的方位角上的源 38,即来自方

位角 $-\theta$ 。

[0007] 在这种对称条件下做了一些简化的假设。首先是收听者的头部和声音感觉是对称的。这意味着：

$$[0008] \quad \text{HRTF}(\theta, L) = \text{HRTF}(-\theta, R) \quad (1)$$

[0009] 此外,从左声源 37 到左耳 22 的 HRTF 等于从右声源 38 到右耳 23 的 HRTF。把这样的 HRTF 表示为 $\text{HRTF}_{\text{near}}$ 。同样地,在这种对称假设下,从左声源 37 到右耳 23 的 HRTF 等于从右声源 38 到左耳 22 的 HRTF。把这种 HRTF 表示为 HRTF_{far} 。

[0010] 在双耳化器中, HRTF 滤波器通常通过测量虚拟头部或人类收听者头部的真实 HRTF 响应而得到。相对完善的双耳处理系统使用对应多个收听者和 / 或多种声音入射方位角和仰角的大型 HRTF 测量库。

[0011] 对于现今使用的双耳系统来说,在例如图 2 所示的双耳处理系统中简单使用测量的 θ 和 $-\theta$ 的 HRTF 对是普遍的。换句话说,假设测量的 HRTF 对是对称的,

$$[0012] \quad \text{HRTF}_{\text{near}} = \text{HRTF}(\theta, L)$$

$$[0013] \quad (2)$$

$$[0014] \quad \text{HRTF}_{\text{far}} = \text{HRTF}(\theta, R)$$

[0015] 即使通过测量发现在其上测量 HRTF 对的收听者头部响应是不对称的,使得公式 1 不成立,例如图 2 所示的双耳化器可通过使用由对测量的 HRTF 取平均形成的 HRTF 滤波器对被强制为对称的。即,为了对称收听似乎来自位于方位角 θ 和 $-\theta$ 上的被称为“虚拟声源”、也叫做“虚拟扬声器”的声源的左右方,用于双耳处理的滤波器被设置为：

$$[0016] \quad \text{HRTF}_{\text{near}} = \frac{\text{HRTF}(\theta, L) + \text{HRTF}(-\theta, R)}{2}$$

$$[0017] \quad \text{HRTF}_{\text{far}} = \frac{\text{HRTF}(\theta, R) + \text{HRTF}(-\theta, L)}{2} \quad (3)$$

[0018] 其中, $\text{HRTF}(\theta, L)$ 和 $\text{HRTF}(\theta, R)$ 是为了在角度 θ 上的感觉源,针对左右角度分别测量的 HRTF。因此,远近 HRTF 是指在对称情况下的实际测量或假设的 HRTF,或非对称情况下的平均 HRTF。

[0019] 宽泛地(且粗略地)说,这种双耳化器通过用与例如 37 的虚拟左侧扬声器相对应的 HRTF 对呈现左侧音频输入信号,用与例如 38 的虚拟右侧扬声器相对应的 HRTF 对呈现右侧音频输入信号,来模拟正常立体声扬声器系统工作的方式。已知这对于为收听者提供声音即左右声道输入是分别从左右虚拟扬声器位置发出的感觉来说很有效。

[0020] 在例如通过真实立体声扬声器的声音再现中,通常还期望能够为收听者提供左右音频输入源 31 和 32 似乎不仅来自于正确摆放在收听者左右的扬声器还来自于在这样的左右扬声器位置之间的一个或多个声源的感觉。假设在别处有一个声音分量,例如,在收听者之前的别处。作为一个例子,假设在左右输入声道的假定位置之间的中点有一个声源。例如在现代的立体声录音中这对于要以虽然衰减但仍相等的幅度馈送给左右声道的音频信号是普通的,以使得当这种左右声道输入在收听者前面的立体声扬声器上重放时,收听者被给予该声音源是从位于左右扬声器中央的被称为“幻象扬声器”的声源发出的印象。术语“幻象”被用于这样的扬声器,因为在那里不存在真实的扬声器。这常常被称为“幻象中心”,而产生声音是来自该中心的感觉的处理被称为“创建中心声像”。

[0021] 同样地,通过为左右声道输入按比例地提供不同量的信号,声音从左右扬声器位置之间的其它地方发出的感觉被提供给收听者。

[0022] 通过在左右声道之间分割一个输入来创建立体声对被称为“移动”,均匀分割该信号被称为“中心移动”。

[0023] 希望能在针对通过一组耳机进行的重放的双耳化器系统中提供相同感觉,即创建中心声像。

[0024] 举一个例子,考虑被称为 MonoInput 的中心移动的音频输入信号,例如,在两个声道输入之间被分开。例如,假设两个信号:LeftAudio 和 RightAudio 被创建为:

$$[0025] \quad \text{LeftAudio} = \frac{\text{MonoInput}}{2}$$

$$[0026] \quad \text{RightAudio} = \frac{\text{MonoInput}}{2} \quad (4)$$

[0027] 这种针对立体声扬声器再现的中心移动信号的结果是要被感觉为信号从中前位置发出。

[0028] 如果公式 4 中的输入 LeftAudio 和 RightAudio 被输入到图 2 的双耳化器中,左耳 22 和右耳 23 被分别提供以下被表示为 LeftEar 和 RightEar 的信号:

$$[0029] \quad \text{LeftEar} = \text{HRTF}_{\text{near}} \otimes \text{LeftAudio} + \text{HRTF}_{\text{far}} \otimes \text{RightAudio}$$

$$[0030] \quad \text{RightEar} = \text{HRTF}_{\text{near}} \otimes \text{RightAudio} + \text{HRTF}_{\text{far}} \otimes \text{LeftAudio} \quad (5)$$

[0031] 其中, $\otimes$ 表示滤波操作,例如,在 $\text{HRTF}_{\text{near}}$ 被表示成脉冲响应,而 LeftAudio 被表示成时域输入的情况下, $\text{HRTF}_{\text{near}} \otimes \text{LeftAudio}$ 表示卷积。因此,通过合并上述公式,

$$[0032] \quad \text{LeftEar} = \text{HRTF}_{\text{near}} \otimes \frac{\text{MonoInput}}{2} + \text{HRTF}_{\text{far}} \otimes \frac{\text{MonoInput}}{2}$$

$$[0033] \quad = \frac{\text{HRTF}_{\text{near}} + \text{HRTF}_{\text{far}}}{2} \otimes \text{MonoInput} \quad (6)$$

$$[0034] \quad \text{RightEar} = \text{HRTF}_{\text{near}} \otimes \frac{\text{MonoInput}}{2} + \text{HRTF}_{\text{far}} \otimes \frac{\text{MonoInput}}{2}$$

$$[0035] \quad = \frac{\text{HRTF}_{\text{near}} + \text{HRTF}_{\text{far}}}{2} \otimes \text{MonoInput}$$

[0036] 期望对输入的这种划分会呈现在 0° 的虚拟扬声器位置的收听感觉,即,左右耳被提供对应于 0° HRTF 对的刺激。在实际中,这不会发生,因此收听者不会感觉到信号 MonoInput 是来自于位于虚拟左右扬声器 37 和 38 中央的虚拟扬声器。同样地,在左右声道输入之间不均匀划分信号然后通过例如图 2 所示的双耳化器进行双耳化不能正确地创建在虚拟左右扬声器之间的声源的期望虚拟位置的幻觉。

[0037] 因此在本技术领域需要双耳化器和双耳化系统为收听者创建声音从在双耳化器系统的左右虚拟扬声器位置之间的位置发出的幻觉,其中左右虚拟扬声器位置是指为左声道输入和右声道输入假定的位置。

[0038] 例如通过把单声道信号划分成左后和右后声道输入而被期望似乎来自于中后方的信号当经由使用对称的后 HRTF 滤波器的双耳化器在耳机上重放时,通常不会被感觉是来自于中后方,所述后 HRTF 滤波器是为了把后扬声器放置放在对称的后虚拟扬声器位置

上。

[0039] 因此,在本技术领域,还需要双耳化器和双耳化系统为收听者创建对于后扬声器信号而言声音从中后位置发出的幻觉,这些后扬声器信号例如为通过在左右虚拟后(环绕)扬声器之间中心移动信号创建的四或五声道系统的环绕声信号。

发明内容

[0040] 在这里以不同实施例和方面描述的是处理音频信号的方法,接收音频信号的装置,为处理器承载指令以实现处理音频信号的方法的载体,以及承载滤波器数据以实现音频信号滤波器的载体。当输入包括一个移动信号时,这些中的每一个为收听者提供所述移动信号分量从位于中心位置的虚拟声源发出的感觉。

[0041] 本发明的一个方面是一种包括通过产生一对对应于用 HRTF 滤波器对对每个输入信号进行滤波的结果的输出信号的处理一对对音频输入信号进行滤波,以及把 HRTF 滤波信号相加的方法。所述 HRTF 滤波器对是使得通过耳机收听该对输出信号的收听者感受到来自一对期望的虚拟扬声器位置的声音。此外,所述滤波是使得在该对音频输入信号包含移动信号分量的情况下,通过耳机收听这对输出信号的收听者被提供所述移动信号分量是从位于虚拟扬声器位置之间的中心位置上的虚拟声源发出的感觉。

[0042] 另一种方法实施例包括用均衡滤波器均衡一对音频输入信号,并使用 HRTF 对对均衡输入信号进行双耳化以提供一对双耳化的输出,该输出为经由耳机收听所述双耳化输出的收听者提供与音频输入信号相对应的声音是从第一和第二虚拟扬声器位置发出的幻觉。该方法的组成部分被排列以使得均衡和双耳化的组合等价于使用均衡 HRTF 对进行双耳化,均衡 HRTF 对的每个均衡 HRTF 是用于双耳化由均衡滤波器均衡的均衡信号的对应 HRTF。均衡 HRTF 的平均基本上等于使收听者听到从在第一和第二虚拟扬声器位置之间的中心位置发出的声音的期望 HRTF。在该对音频输入信号包括一个移动信号分量的情况下,通过耳机收听该对双耳化输出的收听者被提供所述移动信号分量从位于中心位置的虚拟声源发出的感觉。

[0043] 本发明的另一方面是为一组 HRTF 滤波器承载用于处理一对音频输入信号以为经由耳机收听处理后的信号的收听者提供大致对应于该音频输入信号的声音从第一和第二虚拟扬声器位置发出的幻觉的滤波器数据的载体,所述 HRTF 滤波器被设计以使得该 HRTF 滤波器的平均近似于收听来自在第一和第二虚拟扬声器位置之间的中心位置的声音的收听者的 HRTF 响应。

[0044] 本发明的另一方面是为一组 HRTF 滤波器承载处理一对音频输入信号以为经由耳机收听处理后的信号的收听者提供对应于该音频输入信号的声音是从第一和第二虚拟扬声器位置发出的幻觉的滤波器数据的载体,以使得在该对音频输入信号之间移动的信号分量为经由耳机收听处理后的信号的收听者提供所述移动信号分量是从在第一和第二虚拟扬声器位置之间的中间位置发出的幻觉。

[0045] 本发明的另一方面是一种包括接收用于音频再现的一对音频输入信号,混洗该输入信号以创建与输入信号之和成比例的第一信号(“和信号”)和与输入信号之差成比例的第二信号(“差信号”),并通过近似于近耳 HRTF 的均衡型式和远耳 HRTF 的均衡型式之和的滤波器对和信号进行滤波的方法。近耳和远耳 HRTF 是针对收听在对应虚拟扬声器位置

上的一对虚拟扬声器的收听者而言的。所述均衡型式使用被设计以使得针对收听位于虚拟扬声器位置之间中心位置上的虚拟声源的收听者,均衡近耳 HRTF 和均衡远耳 HRTF 的平均近似于中心 HRTF 的均衡滤波器来获得。该方法进一步包括针对收听该对虚拟扬声器的收听者通过近似于近耳 HRTF 的均衡型式和远耳 HRTF 的均衡型式之差的滤波器对差信号进行滤波。该方法进一步包括反混洗滤波和信号和滤波差信号以创建与滤波和与滤波差信号之和成比例的第一输出信号以及与滤波和与滤波差信号之差成比例的第二输出信号。所述方法使得在该对音频输入信号包含移动信号分量的情况下,通过耳机收听第一和第二输出信号的收听者被提供所述移动信号分量是从位于中心位置的虚拟声源发出的感觉。

[0046] 本发明的另一方面是一种包括对用于音频再现的一对音频输入信号进行滤波,该滤波通过产生与用 HRTF 滤波器对每个输入信号进行滤波的结果相对应的一对输出信号的处理来进行,把 HRTF 滤波信号相加,并串音消除相加的 HRTF 滤波信号的方法。串音消除是针对通过位于第一组扬声器位置的扬声器收听该对输出信号的收听者而言的。所述 HRTF 滤波器对是使得收听该对输出信号的收听者感受到来自位于期望虚拟扬声器位置的一对虚拟扬声器的声音。所述滤波是使得在该对音频输入信号包含移动信号分量的情况下,通过位于第一组扬声器位置的扬声器对收听该对输出信号的收听者被提供所述移动信号分量是从位于期望虚拟扬声器位置之间的中心位置上的虚拟声源发出的感觉。

[0047] 本发明的另一方面是一种包括接收用于音频再现的一对音频输入信号,混洗该输入信号以创建与输入信号之和成比例的第一信号(“和信号”)以及与输入信号之差成比例的第二信号(“差信号”),针对收听位于中心位置的虚拟声源的收听者通过近似中心 HRTF 两倍的滤波器对所述和信号进行滤波,针对收听一对虚拟扬声器的收听者通过近似于近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之差的滤波器对所述差信号进行滤波,并反混洗滤波和信号和滤波差信号以创建与滤波和与滤波差信号之和成比例的第一输出信号以及与滤波和与滤波差信号之差成比例的第二输出信号的方法。该方法使得在该对音频输入信号包含移动信号分量的情况下,通过耳机收听第一和第二输出信号的收听者被提供所述移动信号分量是从位于中心位置的虚拟声源发出的感觉。

[0048] 在该方法的一种型式中,近似于中心 HRTF 两倍的滤波器作为由均衡滤波器分别对近耳 HRTF 和远耳 HRTF 进行滤波而分别获得的近耳 HRTF 和远耳 HRTF 的均衡型式之和来获得,其中,近似于近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之差的滤波器是具有基本上等于近耳 HRTF 和远耳 HRTF 的均衡型式之差的响应的滤波器。

[0049] 在该方法的一种型式中,均衡滤波器是与近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之和成比例的滤波器的逆滤波器。在特定的实施例中,均衡滤波器的响应通过在频域反转与近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之和成比例的滤波器响应来确定。

[0050] 在另一特定实施例中,均衡滤波器的响应由自适应滤波方法反转与近耳 HRTF 和远耳 HRTF 之和成比例的滤波器响应来确定。

[0051] 在该方法的一种型式中,近似于中心 HRTF 两倍的滤波器是具有基本上等于期望中心 HRTF 的两倍的响应的滤波器。

[0052] 在特定的配置中,音频输入信号包括一个左输入和一个右输入,虚拟扬声器位于关于收听者对称的虚拟左侧扬声器位置和虚拟右侧扬声器位置,并且收听者和收听是对称的,以使得近 HRTF 是虚拟左侧扬声器至左耳 HRTF 以及虚拟右侧扬声器至右耳 HRTF,并使得

远 HRTF 是虚拟左侧扬声器至右耳 HRTF 以及虚拟右侧扬声器至左耳 HRTF。

[0053] 在该方法的示范性实施例中, 音频输入信号包括一个左输入和一个右输入, 虚拟扬声器对位于虚拟左侧扬声器位置和虚拟右侧扬声器位置, 并且近 HRTF 与虚拟左侧扬声器至左耳 HRTF 和虚拟右侧扬声器至右耳 HRTF 的平均成正比, 其中, 远 HRTF 与虚拟左侧扬声器至右耳 HRTF 和虚拟右侧扬声器至左耳 HRTF 的平均成正比。

[0054] 在另一示范性实施例中, 音频输入信号包括一个左输入和一个右输入, 虚拟扬声器对位于收听者之前的左前虚拟扬声器位置和右前虚拟扬声器位置。

[0055] 其它方面和特征将从说明书, 附图和权利要求中变清晰。

附图说明

[0056] 图 1 显示了一个普通的包括用多个 HRTF 滤波器处理音频的多个声道以为收听者提供每个输入声道是从特定方向出现的印象的双耳重放系统。尽管具有图 1 结构的双耳化器可能是现有技术, 具有根据在这里描述的一个或多个发明方面选择的滤波器的双耳化器不是现有技术。

[0057] 图 2 显示了包含两个音频输入的立体声双耳化器系统, 左声道输入和右声道输入中的每一个通过一对 HRTF 滤波器进行处理。尽管具有图 1 结构的双耳化器可能是现有技术, 具有根据在这里描述的一个或多个发明方面选择的滤波器的双耳化器不是现有技术。

[0058] 图 3 图示了针对虚拟左侧扬声器, 虚拟右侧扬声器和中间位置的三个声源角度的 HRTF 的例子。

[0059] 图 4A, 4B, 4C 和 4D 显示了一些在双耳化器中使用的在 $\theta = \pm 45^\circ$ 放置虚拟扬声器的典型 HRTF 滤波器。图 4A 显示了 0° HRTF, 图 4B 显示了近耳 HRTF, 图 4C 显示了远耳 HRTF, 而图 4D 显示了近耳和远耳 HRTF 的平均。

[0060] 图 5A-5D 显示了如何使用均衡来修改远近 HRTF 滤波器以使得和更紧密地匹配期望的 0° HRTF。图 5A 显示了应用于远近 HRTF 的均衡滤波器的脉冲响应。图 5B 和 5C 分别显示了均衡后的近耳和远耳 HRTF, 而图 5D 显示了作为结果的根据本发明的方面的均衡近耳和远耳 HRTF 的平均。

[0061] 图 6 显示了根据本发明一个方面设计的均衡滤波器的幅频响应。

[0062] 图 7 显示了使用根据本发明的方面确定的均衡 HRTF 滤波器的双耳化器的第一实施例。

[0063] 图 8 显示了使用根据本发明的方面利用混洗器网络(“混洗器”)确定的均衡 HRTF 滤波器的双耳化器的第二实施例。

[0064] 图 9 显示了根据本发明一个方面使用为期望中心 HRTF 滤波器的和信号滤波器的双耳化器的另一混洗器实施例。

[0065] 图 10 显示了包括串联在期望位置放置虚拟扬声器的双耳化器和串音消除器的串音消除双耳化滤波器实施例。双耳化器部分包含本发明的方面。

[0066] 图 11 显示了包含四个滤波器的串音消除双耳化滤波器的替代实施例。

[0067] 图 12 显示了包含混洗器网络, 和信号滤波器以及差滤波器网络的串音消除双耳化滤波器的另一个替代实施例。

[0068] 图 13 显示了根据本发明的方面用于处理立体声输入对的音频处理系统的基于

DSP 设备的实施例。

[0069] 图 14A 显示了接收五声道音频信息,并包括本发明的方面以为收听者创建中后移动信号是从收听者的中后方发出的印象的基于处理系统的双耳化器实施例。

[0070] 图 14B 显示了接收四声道音频信号,并包括本发明的方面以为收听者创建中前移动信号是从收听者的中前方发出,而中后移动信号是从收听者的中后方发出的印象的基于处理系统的双耳化器实施例。

具体实施方式

[0071] 本发明的一个方面是双耳化器和双耳化方法,其针对立体声输入对的情况,针对位于第一声源角度和第二声源角度的两个声源使用测量的或假定的 HRTF 对为超过两个的声源角度双耳化立体声输入对,例如,创建在立体声输入对之间移动的信号是从位于第一和第二声源角度之间的第三声源角度上的声源发出的幻觉。

[0072] 图 3 显示了针对三个声源角度的 HRTF 的例子,这三个声源角度是针对虚拟左侧扬声器的被表示为 θ 的第一方位角,针对虚拟右侧扬声器,在对称假设下在图 3 中为 $-\theta$ 的角度,以及位于 0 度角,即在左右虚拟扬声器的中央的中心虚拟扬声器。对于中心虚拟扬声器, HRTF 对被分别表示为对 HRTF(0, L) 和 HRTF(0, R)。虚拟左侧扬声器 HRTF 对被分别表示为对 HRTF(θ , L) 和 HRTF(θ , R),而虚拟右侧扬声器 HRTF 对被分别表示为对 HRTF($-\theta$, L) 和 HRTF($-\theta$, R)。

[0073] 希望双耳化立体声输入以使得该声音似乎是来自方位角 $\pm \theta$ 上的虚拟扬声器。就像在背景技术部分中论述的那样,发明者发现中心移动信号在针对位于方位角 $\pm \theta$ 上的虚拟扬声器通过如图 2 的传统双耳重放系统重放时,通常为收听者提供一个不完美的中心声像。即,双耳化器没有很好地近似 HRTF(0, L) 和 HRTF(0, R)。

[0074] 参考图 2 和公式 1-6,当表示为 MonoInput 的输入被划分成左右声道输入,并由图 2 的立体双耳系统处理时,在收听者左右耳上的刺激,分别为 LeftEar 和 RightEar,在假定对称的情况下为:

$$[0075] \quad \text{LeftEar} = \text{RightEar} = \frac{\text{HRTF}_{\text{near}} + \text{HRTF}_{\text{far}}}{2} \otimes \text{MonoInput} \quad (7)$$

[0076] 期望:

$$[0077] \quad \text{LeftEar} = \text{HRTF}(0, L) \otimes \text{MonoInput} \quad (8)$$

$$[0078] \quad \text{RightEar} = \text{HRTF}(0, R) \otimes \text{MonoInput}$$

[0079] 以便使收听者具有 MonoInput 是从中心位置发出的幻觉。假设 HRTF 测量呈现出完美的对称性。这样,假设 $\text{HRTF}(0, L) = \text{HRTF}(0, R)$,并把该参数表示为 HRTF_{ctr} 。因此期望对于划分成左右输入的信号,

$$[0080] \quad \text{LeftEar} = \text{RightEar} = \text{HRTF}_{\text{ctr}} \otimes \text{MonoInput} \quad (9)$$

[0081] 比较公式 7 和 9,为了为收听者提供对 MonoInput 方向的正确感觉,称为好的“幻觉中心声像”,期望:

$$[0082] \quad \frac{\text{HRTF}_{\text{near}} + \text{HRTF}_{\text{far}}}{2} = \text{HRTF}_{\text{ctr}} \quad (10)$$

[0083] 根据本发明的第一实施例,均衡滤波器被应用于该输入。通过把均衡滤波器限制

为线性非时变滤波器,这种均衡滤波器的滤波可应用于 (a) 在双耳化之前的左右声道输入信号,或 (b) 针对左右虚拟扬声器位置的针对用户的测量或假定的 HRTF,以使得作为结果的远近 HRTF 的平均近似于期望的幻象中心 HRTF。即,

$$[0084] \quad \frac{HRTF'_{near} + HRTF'_{far}}{2} \approx HRTF_{cir} \quad (11)$$

[0085] 其中 $HRTF'_{near}$ 和 $HRTF'_{far}$ 是包含均衡的 $HRTF_{near}$ 和 $HRTF_{far}$ 滤波器。

[0086] 把例如脉冲响应的均衡滤波器响应表示为 EQ_C 。在双耳化之前把这个滤波器用于左右声道输入等价于用从被表示为 $HRTF_{near}$ 和 $HRTF_{far}$ 的 θ 和 $-\theta$ HRTF 对确定的 $HRTF'_{near}$ 和 $HRTF'_{far}$ 滤波器进行双耳化,假设对称,所述均衡滤波器如下:

$$[0087] \quad HRTF'_{near} = HRTF_{near} \otimes EQ_C \quad (12)$$

$$[0088] \quad HRTF'_{far} = HRTF_{far} \otimes EQ_C$$

[0089] 与公式 11 合并,得到期望的关系:

$$[0090] \quad \frac{HRTF'_{near} \otimes EQ_C + HRTF'_{far} \otimes EQ_C}{2} = HRTF_{cir} \quad (13)$$

[0091] 在一个实施例中,均衡滤波器通过是期望 HRTF 滤波器和逆滤波器的组合的均衡滤波器得到。特别地,公式 13 被由下式给出的均衡滤波器满足:

$$[0092] \quad EQ_C = HRTF_{cir} \otimes \text{inverse} \left(\frac{HRTF_{near} + HRTF_{far}}{2} \right), \quad (14)$$

[0093] 其中, $\text{inverse}()$ 表示逆滤波的运算,使得如果 X 和 Y 是在时域指定的滤波器,例如,像脉冲滤波器, $Y = \text{inverse}(X)$ 表示 $Y \otimes X$ 是 δ 函数,其中 $\otimes$ 是卷积。

[0094] 在本技术领域已知很多构建逆滤波器的方法。在本技术领域逆滤波器也被认为是去卷积。在第一实现中, X 和 Y 针对由表示脉冲响应的有限长度向量指定的 FIR 滤波器,形成了基于 Y 的 Toeplitz 矩阵,被表示为 $\text{Toeplitz}(Y)$ 。向量 X 是被选择以使得 $\text{Toeplitz}(Y) \otimes \text{Toeplitz}(X)$ 接近 δ 函数的有限长度向量。也就是说, $\text{Toeplitz}(Y)$, $\text{Toeplitz}(X)$ 接近单位矩阵,具有在最小二乘方意义下被最小化的误差。在一个实现中,可使用迭代方法确定这样的逆。

[0095] 本发明并不局限于确定逆滤波器的任意特定方法。一种可替代的方法把逆滤波问题构造成自适应滤波器设计的问题。长度为 m_2 的脉冲响应 Y 的 FIR 滤波器紧接着长度为 m_1 的脉冲响应 X 的 FIR 滤波器。延迟输入得到的参考输出被从串联滤波器 X 和 Y 的输出中减去以产生一个误差信号。Y 的坐标被自适应地改变以最小化均方误差信号。这是一个标准的自适应滤波器问题,可用例如最小均方 (LMS) 方法或被称为归一化 LMS 方法的变形的标准方法来解决。参见例如 S. Haykin, "Adaptive Filter Theory", 3rd Ed., Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1996. 其它的逆滤波确定方法也可被使用。

[0096] 逆滤波器的其它实施例也可在频域确定。发明者针对与双耳化器一起使用产生了一个 HRTF 滤波器库。已知这些预先确定的 HRTF 滤波器在频域表现平滑,以使得其频率响应可被反转以产生频率响应是该 HRTF 滤波器频率响应的逆的滤波器。创建逆滤波器的方法是针对这种已知表现良好的 HRTF 滤波器反转 $\frac{HRTF_{near} + HRTF_{far}}{2}$ 。

[0097] 而在另一个实施例中,滤波器 $\frac{HRTF_{near} + HRTF_{far}}{2}$ 在频域被如下反转:

[0098] 把脉冲响应变换到频域。

[0099] 对幅度响应进行平滑,例如,在对数频域尺度下,例如在 1/3 倍频程的分辨率上。平滑是为了迫使平滑后的幅度响应表现良好,因此可被反转。

[0100] 反转平滑后的幅度响应。

[0101] 把相位响应加到反转后的平滑幅度滤波器上以使得作为结果的滤波器是最小相位滤波器。该滤波器在反转前的原始相位不被使用。

[0102] 因此,第一实施例包括使用被表示为 EQ_C 的均衡滤波器,该滤波器在一个实施例中如下计算:

$$[0103] \quad EQ_C = HRTF_{dr} \otimes \text{inverse} \left(\frac{HRTF_{near} + HRTF_{near}}{2} \right)$$

[0104] 以修改 $HRTF_{near}$ 和 $HRTF_{far}$ 以创建均衡 HRTF 滤波器 $HRTF'_{near}$ 和 $HRTF'_{far}$,现在不再等于 $HRTF(\theta, L)$ 和 $HRTF(\theta, R)$,即理想状态下的 $HRTF_{near}$ 和 $HRTF_{far}$ 。作为替代,左右声道音频输入信号现在具有应用于其上的全面均衡。

[0105] 通常,这种均衡被发现不会引起整个处理的过度退化,因为收听者不会感觉到左右虚拟扬声器听起来是坏的。

[0106] 作为结果的均衡 HRTF 对 $HRTF'_{near}$ 和 $HRTF'_{far}$ 满足下列准则:

[0107] 1. 系统的响应在输入信号被完全移动到左侧或右侧时针对被表示为 θ 和 $-\theta$ 的所选声源位置等价于期望的 HRTF 响应,但使用相对温和的全面均衡 EQ_C 。

[0108] 2. 系统的响应在输入信号是中心移动的时候非常接近 0° 声源的 HRTF 响应。

[0109] 图 4A, 4B, 4C 和 4D 显示了一些典型的用于双耳化器以在 $\theta = \pm 45^\circ$ 放置虚拟扬声器的 HRTF 滤波器。图 4A 显示了测量的 0° HRTF,它是被表示为 $HRTF_{center}$ 的期望中心滤波器。图 4B 显示了测量的 45° 近耳 HRTF,在双耳化器中使用的 $HRTF_{near}$ 。图 4C 显示了测量的 45° 远耳 HRTF,在双耳化器中使用的 $HRTF_{far}$,而图 4D 显示了近耳和远耳 45° HRTF 的平均。可以看到近耳和远耳 HRTF 之和与期望的 0° HRTF 并不匹配。

[0110] 图 5A-5D 显示了均衡如何被使用以修改远近 HRTF 滤波器,以使得所述和与期望的 0° HRTF 更紧密地匹配。图 5A 显示了应用于 $HRTF_{near}$ 和 $HRTF_{far}$ 的均衡滤波器 EQ_C 的脉冲响应。图 5B 显示了均衡后的 45° 近耳 HRTF,即 $HRTF'_{near}$ 。图 5C 显示了均衡后的 45° 远耳 HRTF,即 $HRTF'_{far}$,而图 5D 显示了作为结果的均衡近耳 HRTF 和均衡远耳 HRTF 的平均。比较图 5D 和图 4A,可以看到均衡后的远近 HRTF 的平均与测量的 0° HRTF 更紧密地匹配。

[0111] 图 6 显示了均衡滤波器 EQ_C 的幅频响应。一旦确定了 FIR 滤波器 $HRTF'_{near}$ 和 $HRTF'_{far}$ 的滤波器系数,图 7 和图 8 显示了使用这样确定的均衡 HRTF 滤波器的双耳化器的两种可替换的实现。图 7 显示了第一实现 40,其中四个滤波器:脉冲响应 $HRTF'_{near}$ 的两个近滤波器 41 和 44,以及脉冲响应 $HRTF'_{far}$ 的两个远滤波器 42 和 43,被用来创建由加法器 45 和 46 相加的信号以产生左耳信号和右耳信号。

[0112] 图 8 显示了使用 Cooper 和 Bauck 首先提出的混洗器结构的第二实现 50。参见例如 Cooper 和 Bauck 的名为 HEAD DIFFRACTION COMPENSATED STEREO SYSTEM 的美国专利 4,893,342。包含加法器 51 和减法器 52 的混洗器产生作为左右音频输入信号之和的第一

信号,以及作为左右音频信号之差的第二信号。在混洗器实现 50 中,只需要两个滤波器,针对第一混洗信号即和信号的具有脉冲响应 $HRTF'_{near} + HRTF'_{far}$ 的和滤波器 53,以及针对第二混洗信号即差信号的具有脉冲响应 $HRTF'_{near} - HRTF'_{far}$ 的差滤波器 54。作为结果的信号在反转混洗器操作并且包括产生左耳信号的加法器 55 和产生右耳信号的减法器 56 的反混洗网络(“反混洗器”)中反混洗。定标可被包括例如作为由每条路径中的两个衰减器 57 和 58 或在电路不同部分划分的一系列衰减器进行除法运算。

[0113] 注意在图 8 中,和滤波器 53 具有通过均衡远近 HRTF,近似等于期望中心 HRTF 滤波器响应 $2 * HRTF_{center}$ 的脉冲响应。这是有意义的,因为接有反混洗器网络 55,56 和衰减器 57,58 的和滤波器基本上是针对中心移动信号的 HRTF 滤波器对。

[0114] 在一种可替换的方法中,不预均衡远近 HRTF,类似图 8 的混洗器结构被使用,但是用双重期望中心滤波器代替和滤波器。

[0115] 这样的实现如图 9 所示,并且对应于:

[0116] ●处理来自混洗器的第一信号,即,与左右声道输入之和成比例的和信号,针对中心移动信号分量使用形成定位中心虚拟扬声器声像的滤波器。

[0117] ●处理来自混洗器的第二信号,即,与左右声道输入之差成比例的差信号,以使得左右输入被大致处理以便定位于期望的左侧和期望的虚拟右侧扬声器位置。

[0118] 图 9 的实施例通过使用包含加法器 51 和减法器 52 的混洗器网络产生中心与差信号来实现。尽管图 9 的实施例使用左右均衡 HRTF,然后把它们转换成均衡 HRTF 的和与差,图 9 的实施例把和滤波器替换为具有两倍期望中心 HRTF 响应的和滤波器 59,并针对差滤波器 60 使用与非均衡差滤波器相等的响应。该方法提供了在左右信号中一定定位误差的代价下期望的高质量中心 HRTF 声像。

[0119] 因此,第一和第二组实施例被如下表示:

[0120] 1. 以远近虚拟扬声器 $HRTF'$ 开始,把均衡滤波应用于这些远近虚拟扬声器 $HRTF'$,迫使远近 $HRTF'$ 之和近似于期望中心 HRTF 的两倍。这为收听者提供了在感觉的左右信号中一定均衡偏差的代价下期望的高质量中心 HRTF 声像。这种均衡误差被发现并不是令人不快的。

[0121] 2. 以远近虚拟扬声器 $HRTF'$ 和期望的中心 HRTF 开始,确定作为远近 HRTF 滤波器之差的差滤波器。使用例如混洗器网络构建和信号和差信号。把期望的中心 HRTF 滤波器应用于和信号,并把具有与远近扬声器 HRTF 滤波器之差成比例的响应的滤波器应用于差信号。把得到的两个滤波信号反混洗并通过例如耳机应用于左右耳。这为收听者提供了在左右虚拟扬声器信号中一定定位误差的代价下期望的高质量中心声像。

[0122] 第三组实施例组合了两种型式 1 和 2,如下:

[0123] 3. 使用上面编号为 1 的方法根据均衡的远近 HRTF 产生和与差滤波器。把均衡滤波器响应之和以及期望的中心 HRTF 取平均以产生平均的和信号滤波器。把均衡滤波器响应之差以及非均衡 HRTF 滤波器之差取平均以产生平均的差信号滤波器。使用例如混洗器网络构建和信号和差信号。把期望的平均和滤波器应用于和信号,并把平均差信号滤波器应用于差信号。把得到的两个滤波信号反混洗并通过例如耳机应用于左右耳。这为收听者提供了在左右信号中一定 EQ 偏差和一定定位误差的代价下期望的高质量中心 HRTF 声像。

[0124] 其它可替换的实施例可以提供在中心声像质量和左右声像质量之间的折衷。在

第一这种实施例中,例如图 6 中针对位于 $\pm 45^\circ$ 的虚拟扬声器的均衡滤波器被修改,以使得仅仅部分有效,从而得到一组相比在上述第一组实施例中描述的 HRTF 具有稍微不清楚的中心声像的 HRTF,但具有左右信号没有被音染得与在上述第一组实施例中描述的均衡 HRTF 滤波器一起发生的同样多的优势。

[0125] 作为一个更具体的例子,均衡器通过把图 6 的均衡曲线减半(在 dB 尺度上)来产生,以使得在每个频率上,滤波器的影响被减半,同样地,均衡滤波器的相位响应(未显示)被减半,同时保持表现良好的相位特性,例如,仍为最小相位滤波器。作为结果的滤波器是使得一对串联的这种均衡滤波器提供与图 6 中所示的滤波器相同的响应。该均衡滤波器被用来针对期望的扬声器位置均衡例如测量的期望 HRTF 滤波器。当作为结果的信号被重放给收听者时,发明者发现作为结果的远近均衡 HRTF 滤波器展现了一个部分改善的中心声像,不过仅仅遭受了在左右声像上较小的均衡误差。

[0126] 较大的扬声器角度

[0127] 尽管上面的描述显示了用于在收听者前方例如 ± 30 度或 ± 45 度放置虚拟 L 和 R 扬声器的技术,这里描述的方法和设备也能用于较大的虚拟扬声器角度,甚至高达 ± 90 度。使用实际扩音器再现时,把扩音器放置在相对收听者接近 ± 90 度的位置,即收听者的正左侧和正右侧,不能正确定位通过移动创建的中心信号,例如,通过在左右扬声器之间均匀分割单声道信号创建的中心移动在这种情况下并不能恰当地创建用于立体声扬声器重放的幻象中心声像。在通过真实扬声器重放的情况下,只有当立体声扬声器被对称放置在收听者的前方相对收听者不超过 ± 45 度的时候,这种中心移动被认为可以针对收听者正确创建中心位置,即,创建用于立体声扬声器重放的幻象中心声像。本发明的方面在虚拟左/右扬声器相对收听者超过 ± 90 度时为通过耳机进行的重放提供中前声像位置。

[0128] 通过扬声器进行重放

[0129] 上述使用 HRTF 滤波器的方法和设备不仅适用于双耳耳机重放,也可用于立体声扬声器重放。经由扬声器创建声音位置的效果的技术,即经由扬声器重放创建幻象声源声像的技术在本技术领域是众所周知的,并且通常被称为“串音消除双耳”技术和“跨耳”滤波器。参见例如,Atal 和 Schroeder 的名为 APPARENT SOUND SOURCE TRANSLATOR 的美国专利 3,236,949。串音指的是在收听过程中收听者左右耳之间的串音,例如,在扬声器的输出和距离收听者最远的耳朵之间的串音。举一个例子,对于放置在收听者前面的立体声扬声器对,串音指的是左耳听到来自右侧扬声器的声音,也指右耳听到来自左侧扬声器的声音。因为正常的声音信号被串音干扰,串音被认为严重模糊了位置。串音消除逆转了串音的影响。

[0130] 对于单声道输入,典型的串音消除滤波器包括针对像常规立体声对那样通常放置在收听者前面的两个扬声器,用所述扬声器上的信号处理该单声道输入信号,想要在收听者的耳朵上提供与可归因于来自虚拟声音位置的声音的双耳响应相对应的刺激的两个滤波器。

[0131] 作为一个例子,考虑位于收听者前面 $\pm 30^\circ$ 角的两个真实的扬声器,并假设希望为收听者提供声源在 $\pm 60^\circ$ 的幻觉。串音消除双耳化通过“取消”物理扬声器安装给予的 ± 30 度的 HRTF,并使用 60 度 HRTF 滤波器进行双耳化来实现此效果。

[0132] 同时,这种串音消除技术可被用来创建在收听者之前的几乎任意的虚拟声源角度

(在收听者后面的虚拟源位置很难获得), 0 度前侧声像仍然通过更普通的在两个扬声器之间划分输入, 被称为中心移动的方法, 而不是通过使用 HRTF 来典型地创建, 以使得由收听者在中心定位的单声道输入以大约 3 ~ 6dB 的衰减被提供给左右扬声器。

[0133] 假设希望处理用于在位于例如收听者前面 $\pm 30^\circ$ 的某一角度的扬声器上进行重放的立体声输入信号对, 并假设希望为收听者提供收听位于其它例如在收听者前面 $\pm 60^\circ$ 度位置的扬声器对的幻觉。一种实现这个的现有技术方法是创建串音消除双耳化器。图 10 显示了这种作为把虚拟扬声器放置在例如 $\pm 60^\circ$ 的期望位置的双耳化器的串联实现的串音消除双耳化器。该双耳化器在对称情况下(或例如经由公式 3 的强制对称情况)包括两个脉冲响应被表示为 $HRTF_{near}$ 的近 HRTF 滤波器 61, 62 和两个脉冲响应被表示为 $HRTF_{far}$ 的远 HRTF 滤波器 63, 64。每个远近滤波器的输出被加法器 65, 66 相加以形成左右双耳化信号。双耳化器紧接着串音消除器以消除在例如 $\pm 30^\circ$ 角的真实扬声器位置创建的串音。该串音消除器接收来自双耳化器的信号, 并在对称情况或强制对称情况下包括脉冲响应被表示为 X_{near} 的近串音消除滤波器 67, 68, 以及脉冲响应被表示为 X_{far} 的远串音消除滤波器 69, 70, 跟随有加法器 71 和 72 以消除在 $\pm 30^\circ$ 角生成的串音。输出是针对左侧扬声器 73 和右侧扬声器 74 的。

[0134] 因为远近双耳化器和串音消除滤波器中的每一个都是线性非时变系统, 双耳化器的串联可被表示成两输入两输出的系统。图 11 显示把这种串音消除双耳化器实现为四个滤波器 75, 76, 77 和 78 以及两个加法器 79 和 80。这四个滤波器在对称(或强制对称)的情况下具有两种不同的脉冲响应: 滤波器 75 和 76 的被表示为 G_{near} 的近脉冲响应, 以及滤波器 77 和 78 的被表示为 G_{far} 的远脉冲响应, 其中, G_{near} 和 G_{far} 中的每一个是 HRTF 滤波器 $HRTF_{near}$ 和 $HRTF_{far}$ 以及串音消除滤波器 X_{near} 和 X_{far} 的函数。

[0135] 像众所周知的那样, 如图 11 所示的两输入两输出的对称结构也可用图 12 中的结构实现。图 12 显示了串音消除双耳化器, 包括具有产生和信号的和信号加法器 81 和产生差信号的减法器 82 的混洗网络 90, 滤波和信号的和信号滤波器 83, 这样的和信号滤波器具有与 $G_{near} + G_{far}$ 成比例的脉冲响应, 滤波差信号的差信号滤波器 84, 这样的差信号滤波器具有与 $G_{near} - G_{far}$ 成比例的脉冲响应, 紧接着是也包含为左侧扬声器 73 产生左侧扬声器信号的和信号加法器 85 和为右侧扬声器 74 产生右侧扬声器信号的减法器 86 的反混洗网络 91。

[0136] 因此, 串音消除双耳化滤波器由图 12 中所示的结构实现, 它与图 8 和图 9 中所示的结构相似。

[0137] 在一个实施例中, 和滤波器被设计以正确再现位于例如 0° 的中心的声源。不计算这种滤波器是什么, 一个实施例使用 δ 函数作为这样的滤波器, 使用在左右扬声器上收听等量单声道信号的收听者把这种信号正确定位为来自中心的知识。在可替换的实施例中, 串音消除滤波器被均衡化以迫使和滤波器近似于恒等滤波器, 例如, 脉冲响应是 δ 函数的滤波器。在一个可替换的实施例中, 和滤波器被替代为平坦的(δ 函数脉冲响应)滤波器。

[0138] 尽管本发明的双耳应用旨在校正“定位”感觉误差, 本发明的串音消除应用通常校正出现在中心声像上的普遍感觉的均衡误差。

[0139] 后侧虚拟扬声器

[0140] 本发明的另一方面是通过双耳化以模拟例如具有两个后侧虚拟扬声器位置的在 ± 90 度或更大角度上的扬声器来正确模拟中后侧的声源, 并进一步定位位于 180 度(中

后)位置的幻象中心,就好像扬声器被放置在中后位置一样。

[0141] 在具体的例子中,考虑一个产生传统五扬声器家庭影院效果的双耳化器。这种“虚拟”五扬声器配置的左右环绕位置可以清晰的中后声像被创建的附加优势来模拟。这允许例如 Dolby Digital EX™(Dolby 实验室公司, San Francisco, CA) 的具有中后扬声器的系统被模拟。

[0142] 第一后侧信号实施例包括均衡近后和远后 HRTF 滤波器以使得均衡的近后和远后滤波器之和近似于期望的中后 HRTF 滤波器。处理例如经由双耳化器的环绕声输入的左后和右后信号,使用预均衡的第一后侧信号实施例,将导致耳机感觉到中后移动声源从中后方出现,但两个环绕声声像(左后和右后)听起来具有可忍受的均衡误差。可替换地,通过使用利用混洗器加上近似于期望中后 HRTF 的信号 HRTF 滤波器的双耳化器创建重放信号,该信号在通过耳机再现时,听起来像准确地来自中心,而左后和右后信号听起来来自稍微偏离期望位置的左后和右后扬声器。

[0143] 另一实施例包括组合前后处理以既处理后侧信号又处理前侧信号。注意例如四声道声音的环绕声可以处理左前和右前信号,以及左后和右后信号,以正确再现虚拟中前声音和虚拟中后声音。

[0144] 注意,本领域的技术人员可以理解上述滤波器实现并不包括音频放大器及其它类似元件。此外,上述实施例是针对数字滤波的。因此,对于模拟输入,本领域的技术人员可以理解模数转换器将被包括。进一步,可以理解数模转换器可被用来把数字信号输出转换为用于通过耳机或在跨耳滤波情况下通过扩音器进行重放的模拟输出。

[0145] 此外,在本领域的技术人员可以理解数字滤波器可通过许多方法实现。

[0146] 图 13 显示了一种根据本发明的方面用于处理立体声输入对的音频处理系统的实现形式。该音频处理系统包括:用于把模拟输入转换成对应的数字信号的模数(A/D)转换器 97,以及用于把处理后的信号转换成模拟输出信号的数模(D/A)转换器 98。在可替换的实施例中,块 97 不包括 A/D 转换器而包括为数字输入信号提供的 SPDIF 接口。该系统包括能够足够快地处理输入以产生输出的 DSP 设备。在一个实施例中,DSP 设备包括用于在没有处理器开销的情况下与 A/D 和 D/A 转换器 97,98 通信的呈串行端口 96 形式的接口电路,并且在一个实施例中,包括能够无需干扰输入/输出处理的操作把数据从片外存储器复制到片内存储器 95 的设备外存储器 92 和 DMA 引擎。实现这里描述的本发明的方面的代码可位于片外存储器,并在需要时被载入片内存储器。DSP 设备包括包含使 DSP 设备的处理器 93 实现这里所述的滤波的代码的程序存储器 94。外部总线多路复用器针对需要外部存储器的情况被包含在内。

[0147] 同样地,图 14A 显示了接收呈现打算通过前侧扬声器重放的左,中,右侧信号和打算通过后侧扬声器重放的左环绕和右环绕信号的形式五声道音频信息的双耳化系统。双耳化器根据本发明的方面针对包括左环绕和右环绕信号的每个输入实现 HRTF 滤波器对,以使得通过耳机收听的收听者感受到中后移动的信号来自于收听者的中后方。双耳化器使用例如包含处理器的 DSP 设备的处理系统来实现。存储器被包括用于保存指令,包括使处理器执行上述滤波的任何参数。

[0148] 同样地,图 14B 显示了接收呈现打算通过前侧扬声器重放的左右信号和打算通过后侧扬声器重放的左后和右后信号的形式四声道音频信息的双耳化系统。双耳化器根据

本发明的方面针对包括左右信号以及左后和右后信号的每个输入实现 HRTF 滤波器对,以使得通过耳机收听的收听者感受到中前移动的信号来自于收听者的中前方,并且中后移动的信号来自于收听者的中后方。双耳化器使用例如包含处理器的 DSP 设备的处理系统来实现。存储器被包括用于保存指令,包括使处理器执行上述滤波的任何参数。

[0149] 因此,这里描述的方法在一个实施例中可由包括一个或多个接收包含指令的代码段的处理器的机器来执行。对于这里描述的任意方法,当所述指令被机器执行时,该机器实现所述方法。任何可执行指定该机器采用的行动的一组指令(顺序或其它)的机器被包括。从而,一种典型的机器由包括一个或多个处理器的典型处理系统举例说明。每个处理器包括一个或多个 CPU,一个图形处理单元和一个可编程 DSP 单元。该处理系统进一步包括包含主 RAM 和 / 或静态 RAM,和 / 或 ROM 的存储器子系统。总线子系统也可被包括用来在元件之间进行通讯。如果该处理系统需要显示器,这样的显示器也可被包括,例如,液晶显示器(LCD)或阴极射线管(CRT)显示器。如果需要人工数据输入,该处理系统还包括例如一个或多个的包含字母数字输入单元的输入设备,例如键盘,例如鼠标的定位设备等等。这里使用的术语存储器单元也包括例如磁盘驱动器单元的存储系统。在一些配置中,该处理系统可以包括声音输出设备和网络接口设备。存储器子系统因此包括承载包含用于在被处理系统执行时实现在这里描述的一个或多个方法的指令的机器可读代码段(例如,软件)的载体。该软件在计算机系统执行它的期间可存在于硬盘内,也可全部或至少部分存在于 RAM 和 / 或处理器内。这样,存储器和处理器也可以组成承载机器可读代码的载体。

[0150] 在可替换的实施例中,该机器像独立设备一样操作,或者也可以是连接的,例如在网状配置中网络连接到其它机器上,该设备可以在服务器-客户机的网络环境中以服务器或客户机的性能进行操作,或在対等或分布式网络环境中作为一个対等节点进行操作。该机器可以是个人计算机(PC),输入板 PC,机顶盒(STB),个人数字助理(PDA),便携式电话,万维网设备,网络路由器,交换机或网桥,或能够执行指定该机器采用的行为的指令(顺序或其它)的任意机器。

[0151] 注意尽管一些图表仅显示了承载代码的单个处理器和单个存储器,本领域的技术人员可以理解为了不使发明方面模糊,上述许多元件被包括,而不仅是被显式地显示或描述的元件。例如,尽管只有单个机器被显示,术语“机器”也可以包括独立或共同执行一组(或多组)指令以实现在这里描述的任意一个或多个方法的机器的任意集合。

[0152] 因此,这里所述的每种方法的一个实施例呈现在处理系统上执行的计算机程序的形式,例如,作为双耳化系统一部分的一个或多个处理器,或在其它实施例中的跨耳系统。因此,本领域的技术人员懂得本发明的实施例可作为方法,例如特定目的仪器的设备,例如数字处理系统的设备或载体被具体化,例如,计算机程序产品。载体承载了一个或多个用于控制处理系统以实现一种方法的计算机可读代码段。因此,本发明的方面可以表现为一种方法,一种完全地硬件实施例,一个完全地软件实施例或混合软件和硬件方面的实施例的形式。此外,本发明可以表现为承载嵌入到该载体中的计算机可读程序代码段的载体(例如,计算机可读存储媒体上的计算机产品)的形式。

[0153] 软件可经由网络接口设备在网络上进一步传输或接收。尽管载体作为单个媒体被显示在一个示范性实施例中,术语“载体”应该可以包括保存一组或多组指令的单个媒体或多个媒体(例如,集中式或分布式数据库,和 / 或关联的高速缓存和服务服务器)。术语“载体”

也可以包括能够存储,解码或承载一组用于机器执行以使机器实现任意一个或多个本发明的方法的指令的任意媒体。载体可表现为多种形式,包括但不限于非易失性媒体,易失性媒体和传输媒体。非易失性媒体包括例如光盘,磁盘和磁光盘。易失性媒体包括例如主存储器的动态存储器。传输媒体包括同轴电缆,铜线和光纤,包括组成总线系统的电缆。传输媒体也可以具有例如在无线电波和红外数据通讯过程中产生的声波或光波的形式。例如,术语“载体”因此也可以包括但不限于固态存储器,光和磁的媒体,以及载波信号。

[0154] 本发明的其它实施例呈现为滤波器承载计算机可读数据以处理一对立体声输入的载体的形式。所述数据可以是滤波器的脉冲响应,或滤波器的频域变换函数的形式。所述滤波器包括两个像上面描述的那样设计的 HRTF 滤波器。在处理是针对耳机收听的情况下, HRTF 滤波器被用来滤波双耳化器中的输入数据,而在扬声器收听的情况下, HRTF 滤波器被并入串音消除的双耳化器中。

[0155] 需要理解的是所述方法的步骤由执行存储于存储器中指令(代码段)的处理系统(即,计算机)的适当处理器(或处理器)在一个实施例中执行。还需要理解的是本发明并不限于任意的特定的实现或编程技术,并且本发明可以使用任意的用于实现这里所述功能的适当技术来实现。本发明并不限于任意的特定编程语言或操作系统。

[0156] 贯穿本说明书,提及“一个实施例”或“实施例”表示连同该实施例描述的特定的特征,结构或特性被包含在本发明的至少一个实施例中。因此,在整个说明书的不同位置出现的短语“在一个实施例”或“在实施例”并不一定指同一个实施例。此外,特定的特征,结构或特性可以以任意适当的方式组合,这对于本领域的普通技术人员从这份公开内容的一个或多个实施例中是显而易见的。

[0157] 同样地,应理解在本发明的示范性实施例的上面的描述中,为使公开内容流畅,并帮助理解一个或多个不同方面的目的,本发明的不同特征在某些时候被聚集到单个实施例,图形或其描述中。不管怎样,公开的这个方法并不被解释成反映要求专利保护的发明相比在每个权利要求中清楚所述的需要更多特征的意图。而是像下面的权利要求反映的那样,发明方面以比单个前述的公开实施例的所有特征少的特征展现。这样,在详细描述之后的权利要求由此被确切地并入这个详细描述中,每个权利要求作为本发明的单独实施例建立。此外,尽管这里所述的一些实施例包括一些而不是其它特征,不同实施例的特征的组合也位于本发明的范围内,并像下面要求专利保护的那样组成了不同的实施例。

[0158] 此外,一些实施例在这里被描述为可由计算机系统的处理器实现的方法或方法的元素的组合。因此,具有实现这种方法或方法元素的必要指令的处理器组成了用于实现该方法或方法元素的装置。同样地,在此描述的设备实施例的这里所述的元件是一个为了实现本发明的目的用于实现由该元件执行的功能的装置的例子。

[0159] 在这里的说明书和权利要求中,相等和基本相等包括在恒定比例内相等的情况。

[0160] 在这里引用的所有出版物,专利和专利申请特此并入作为参考。

[0161] 因此,尽管已经描述了什么被认为是本发明的优选实施例,本领域的技术人员将认识到其它及进一步的修改可在不背离本发明的精神的情况下获得,并且意欲要求保护所有落在本发明范围内的这种变化和修改。例如,上面给出的任何公式仅仅是可以使用的过程的代表。功能可从框图中添加或删除,并且操作可在功能块间相互交换。对于在本发明范围内描述的方法,步骤可被添加或删除。

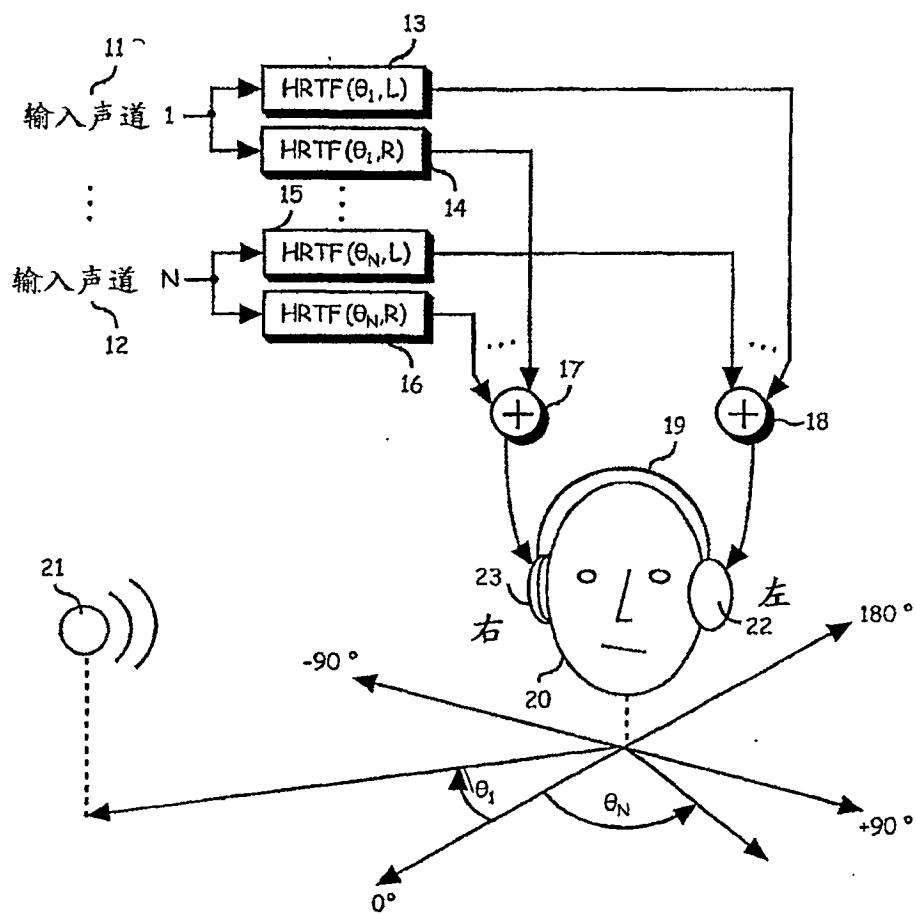


图 1

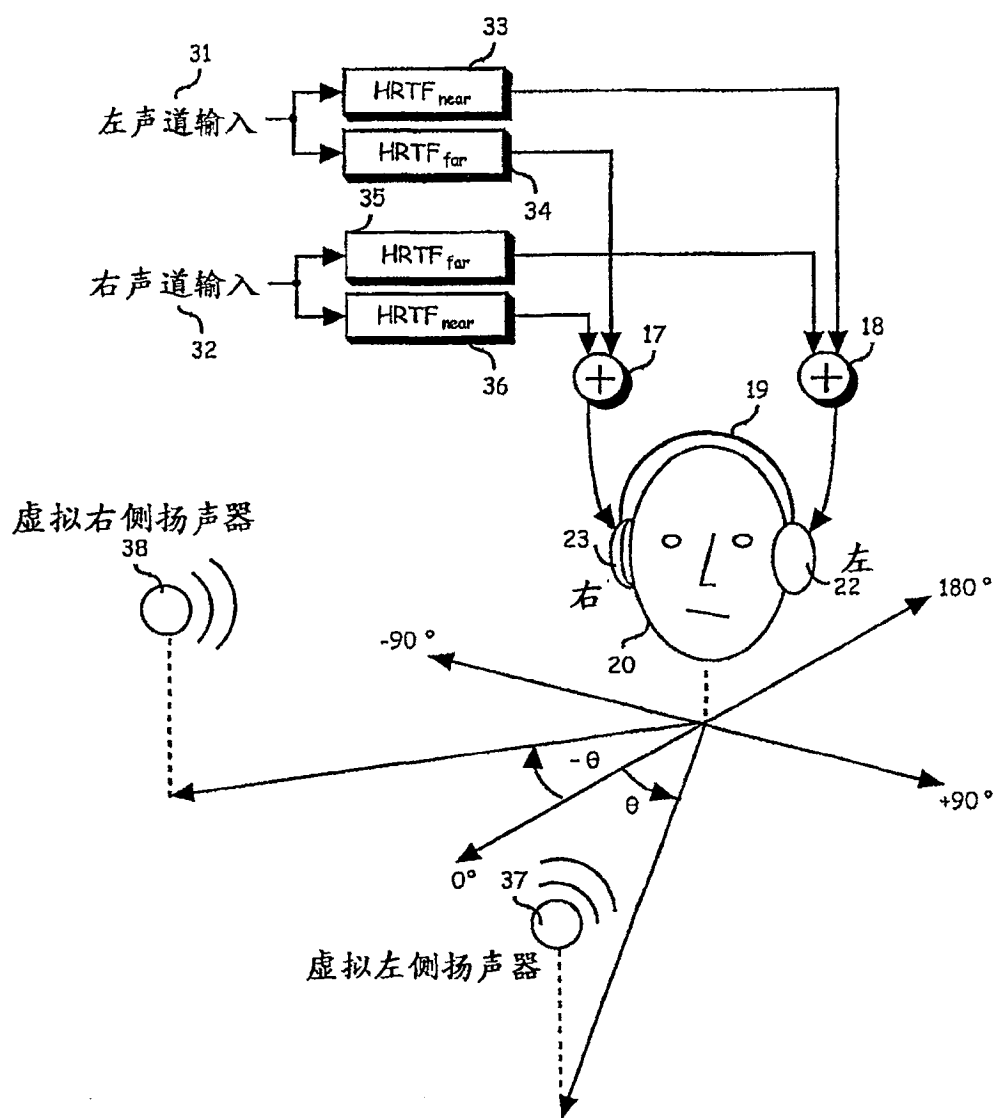


图 2

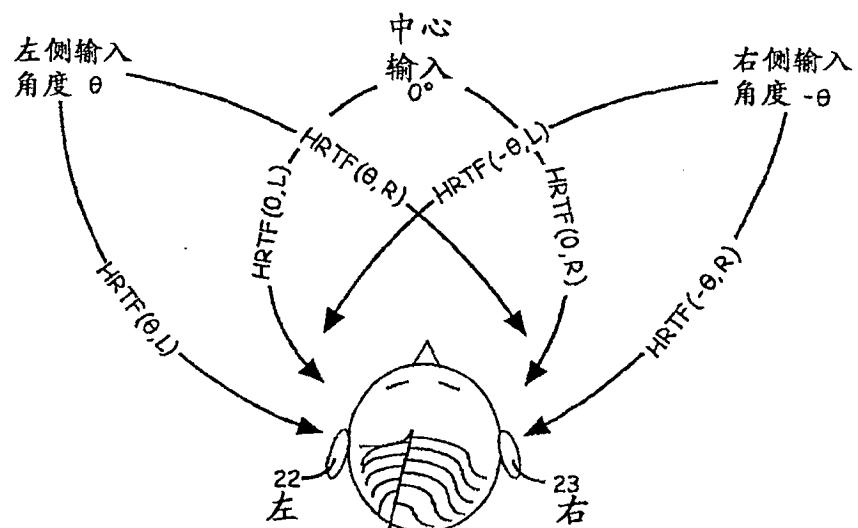


图 3

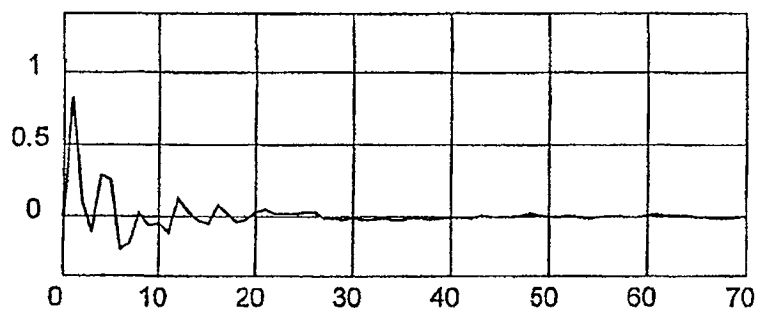


图 4A

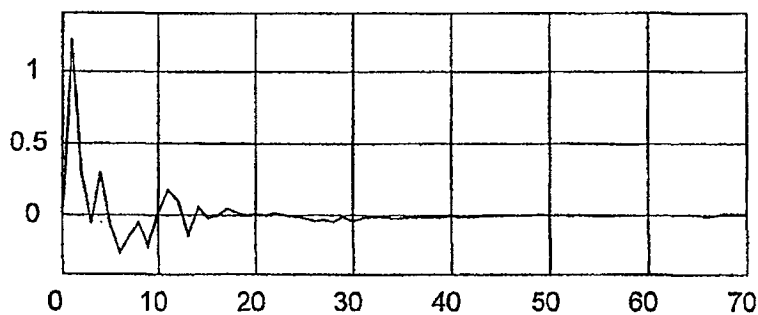


图 4B

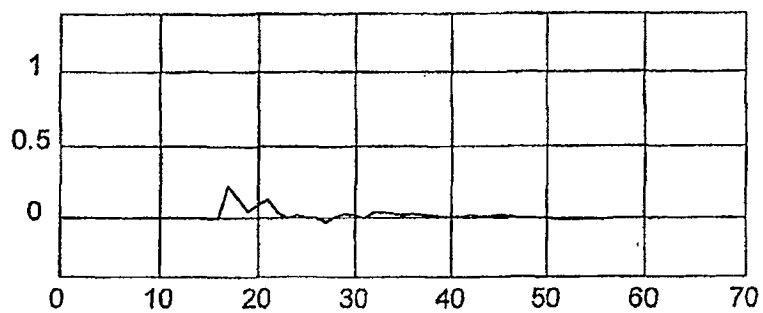


图 4C

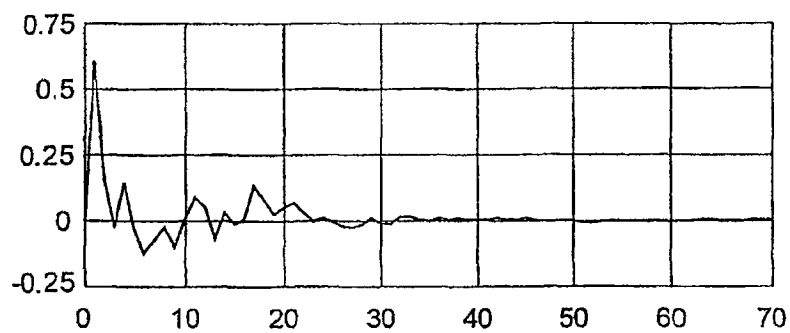


图 4D

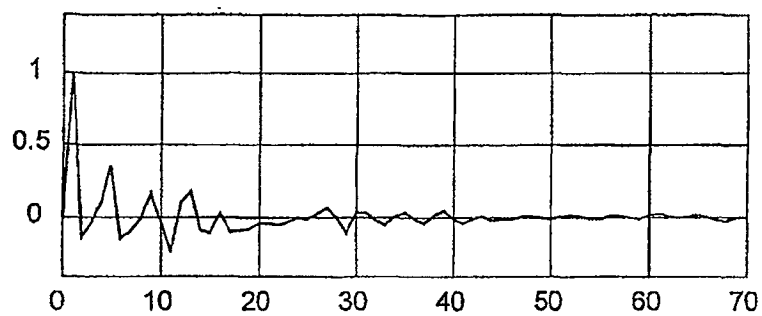


图 5A

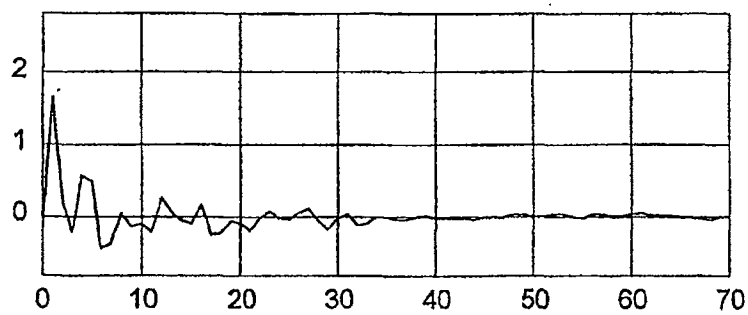


图 5B

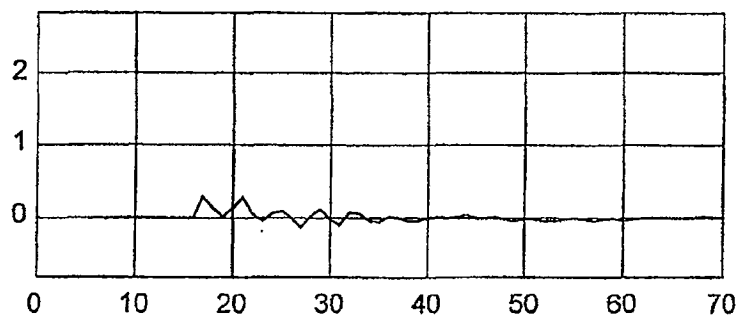


图 5C

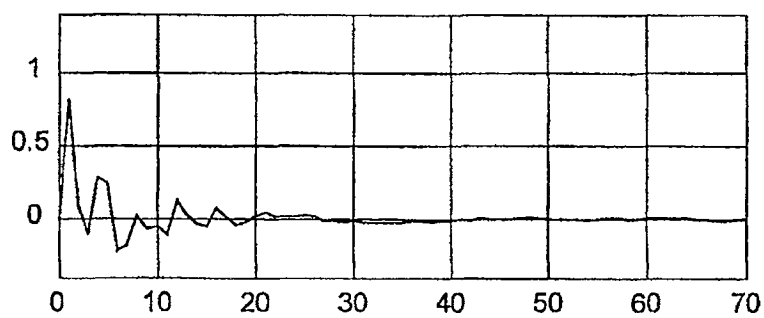


图 5D

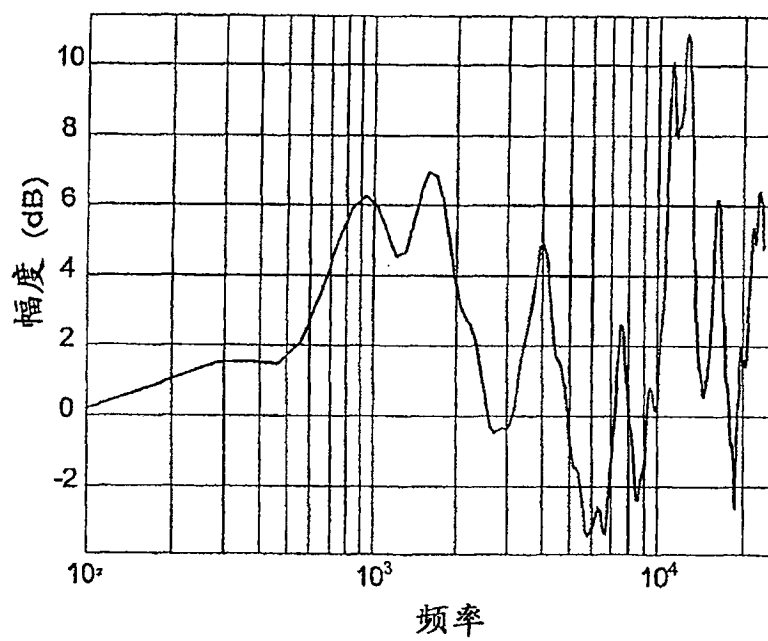


图 6

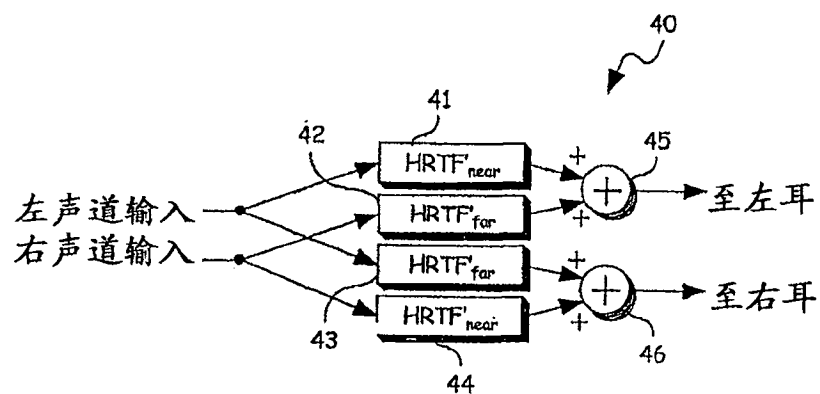


图 7

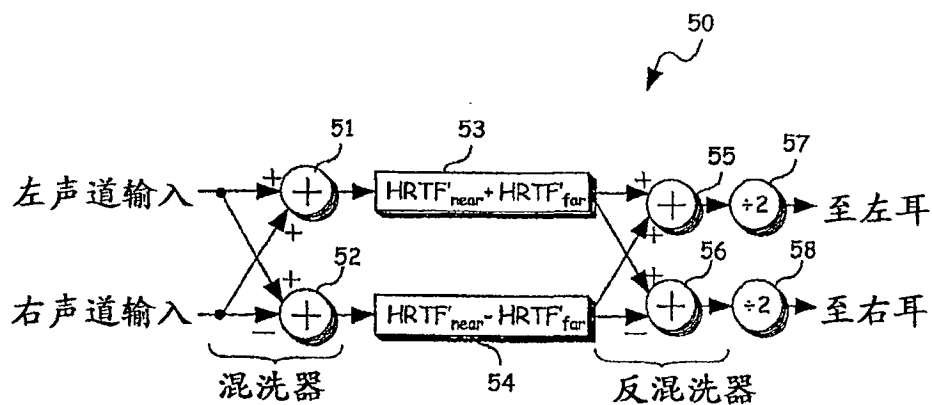


图 8

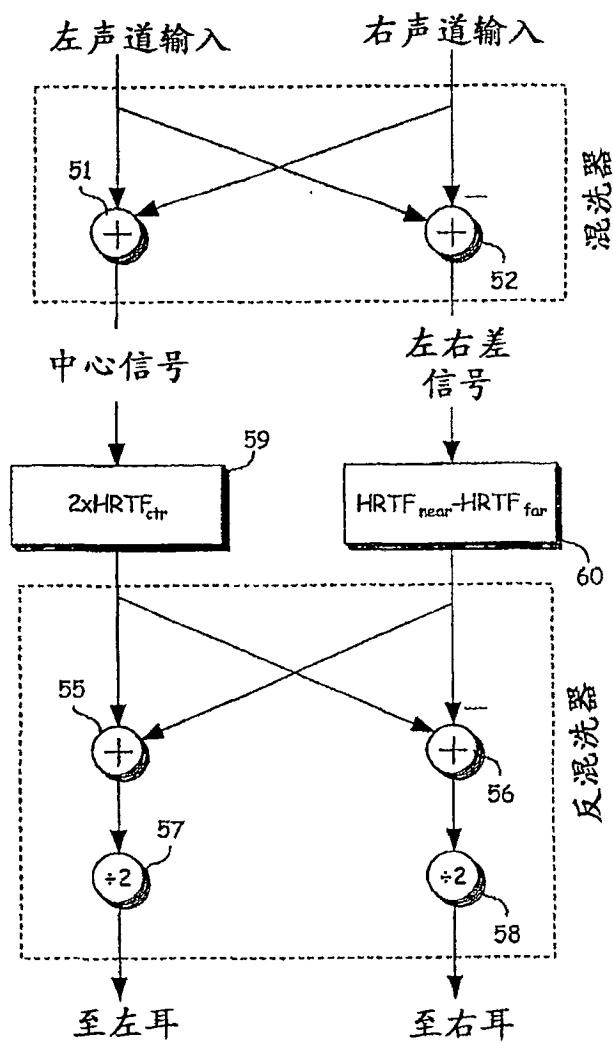


图 9

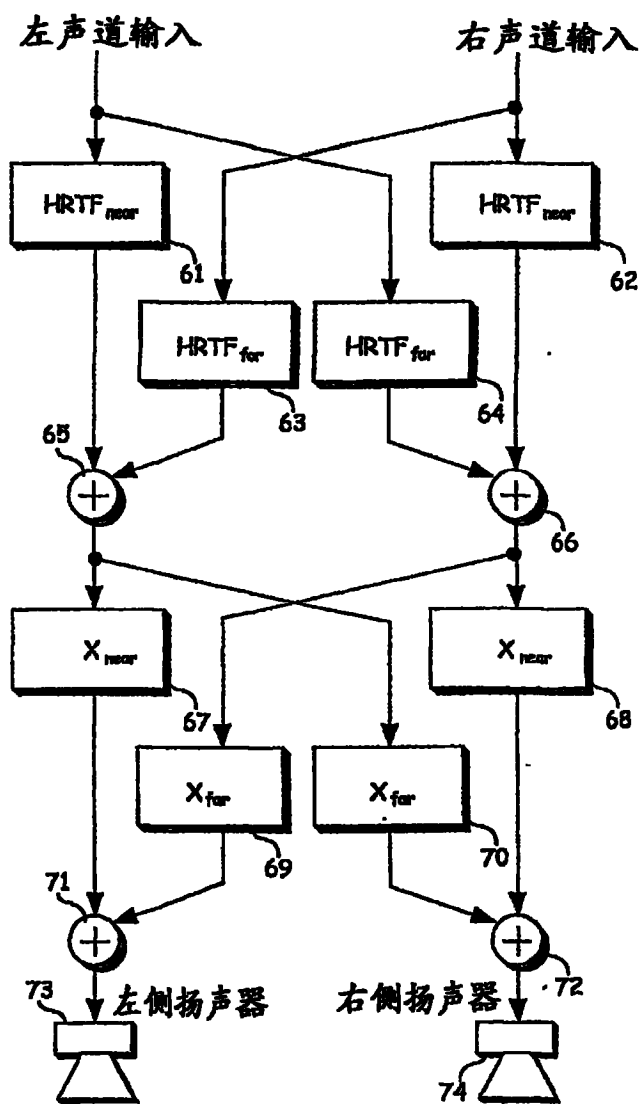


图 10

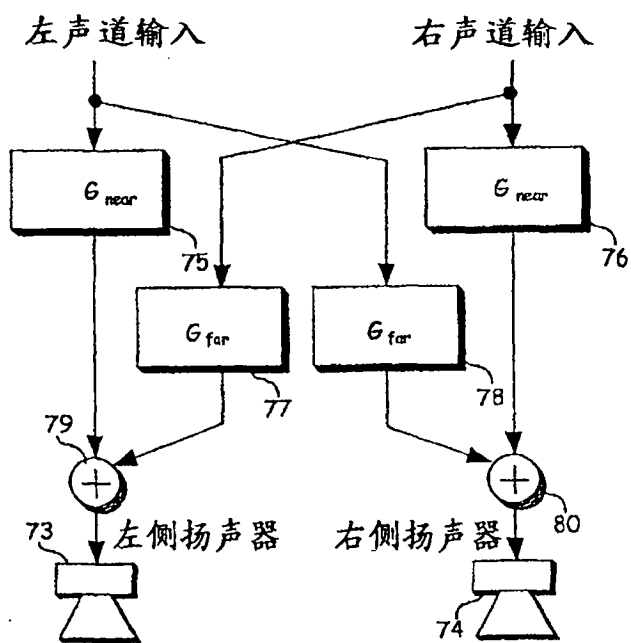


图 11

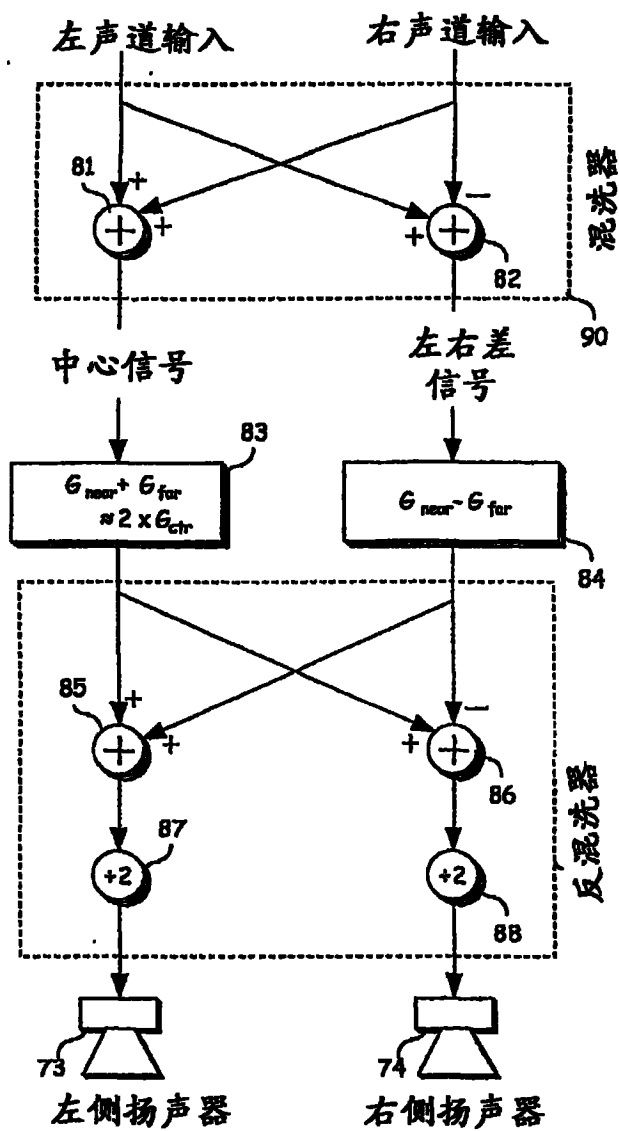


图 12

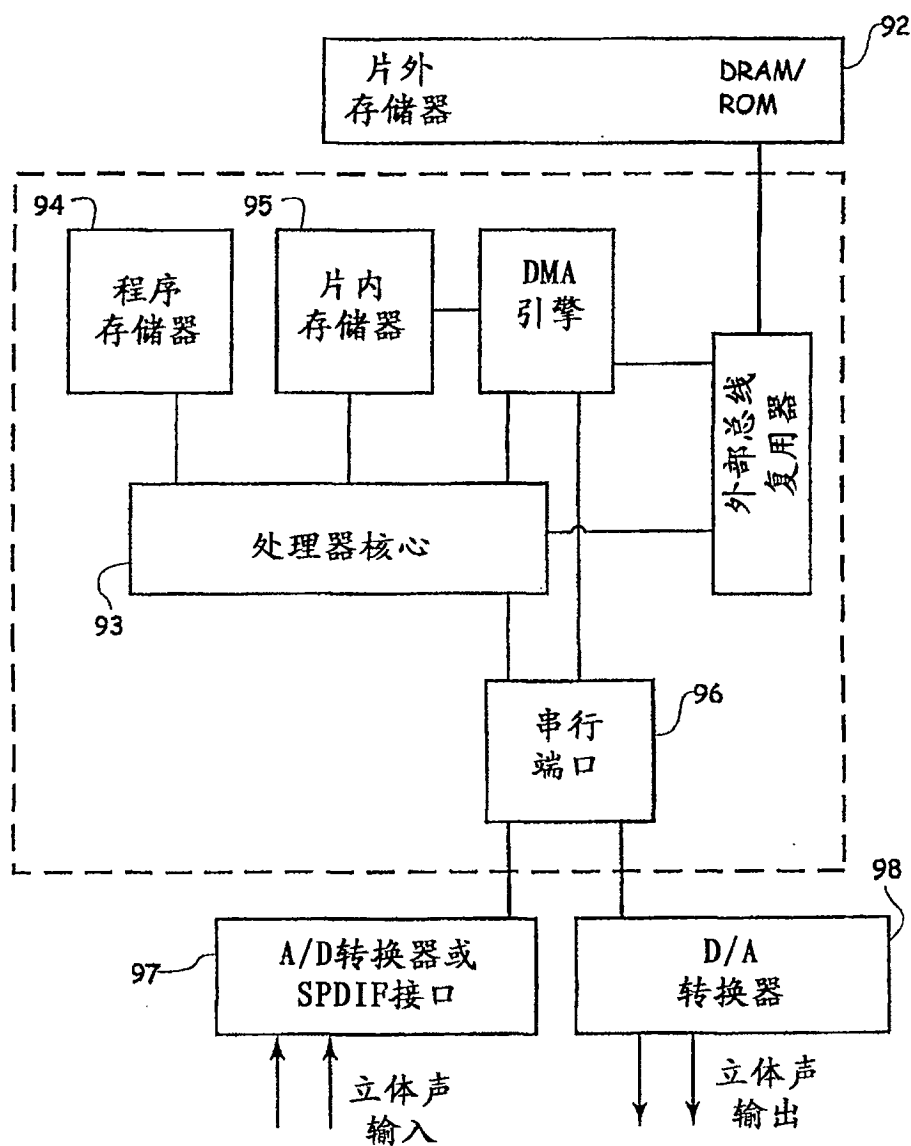


图 13

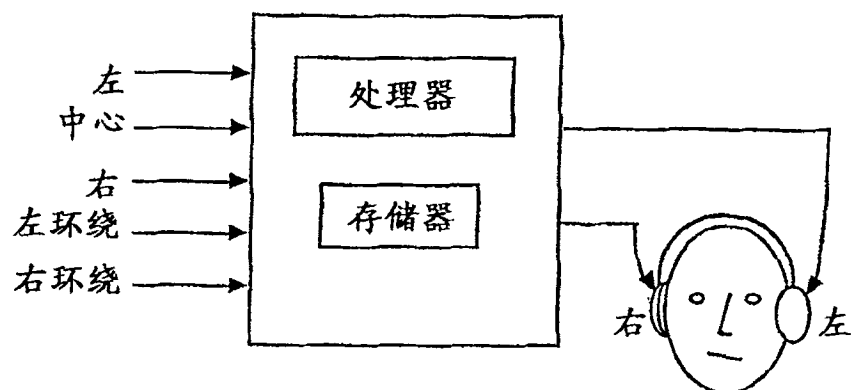


图 14A

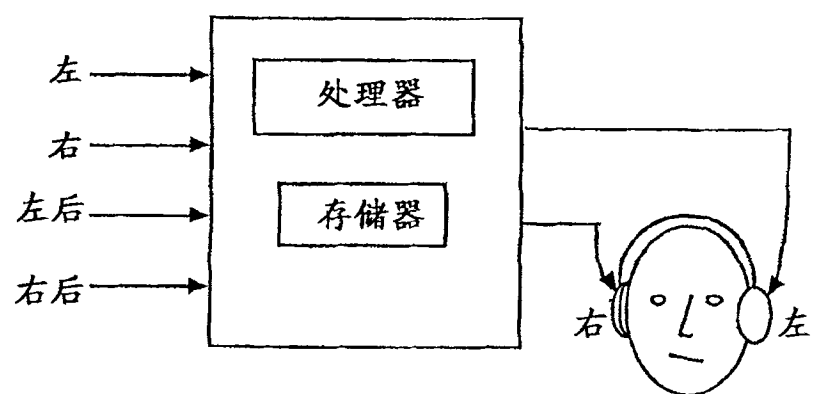


图 14B