

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G06F 17/14 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03824553.1

[45] 授权公告日 2009 年 11 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 100557600C

[22] 申请日 2003.9.22 [21] 申请号 03824553.1
[30] 优先权

[32] 2002.9.23 [33] FR [31] 02/11739

[86] 国际申请 PCT/FR2003/002784 2003.9.22

[87] 国际公布 WO2004/027642 法 2004.4.1

[85] 进入国家阶段日期 2005.4.22

[73] 专利权人 特因诺夫音频公司

地址 法国维勒瑞夫

[72] 发明人 雷米·布鲁诺 阿诺德·拉伯利埃
塞巴斯蒂安·蒙托亚

[56] 参考文献

Modeling of CW annular arrays using limited diffraction Bessel beams. FOX P D ET AL. IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERRO-ELECTRICS AND FREQUENCY CONTROL, Vol. 49 No. 1. 2002

New windows family based on modified Legendre polynomials. JASKULA, MAREK. 19TH IEEE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE, 第 1 卷. 2002

审查员 王学睿

[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

代理人 郭思宇

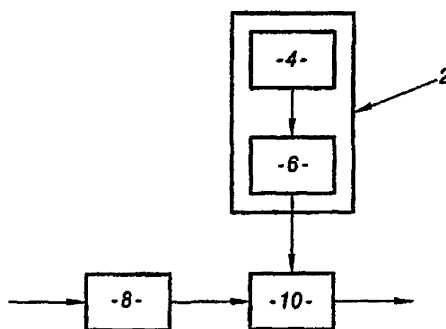
权利要求书 6 页 说明书 27 页 附图 5 页

[54] 发明名称

用于处理声场表现的方法和系统

[57] 摘要

本发明涉及一种用于处理一个声场表现的方法，用于至少通过空间处理提供已经修改过的表现。本发明方法包括以下步骤：建立(8)该声场的初始表现及通过对应于前述处理操作的滤波组合来建立(10)已经修改过的表现。本发明的特征在于它还包括一个用于决定处理操作的步骤(2)，该步骤包括：一个步骤(4)，用于建立代表前述处理的一组方向性函数，其形式是对应于所述函数在球形谐波基础上的分解的一组系数；及一个步骤(6)，用于根据该分解来确定前述滤波组合，从而完成另一个步骤(10)，以便应用如此确定的滤波组合。



1.一种用于处理一个声场表现的方法，以便提供一个通过应用对应于声场的至少空间处理的所述处理来提供一个修改的表现，包括：

- 建立（8）该声场的初始表现，其形式是在时间上和三维空间内代表该声场的一组系数；及

- 通过对应于该处理操作并被应用于初始表现的各系数的滤波组合，建立（10）修改的表现，

其特征还在于它还包括一个用于决定处理操作的步骤（2），该步骤包括：

- 一个用于建立代表所述处理操作的一组方向性函数的步骤（4），所述方向性函数的形式是对应于这些函数在球形谐波基础上的分解的一组系数；及

- 一个在分解的基础上用于确定滤波组合的步骤（6），用于实施将如此确定的滤波组合应用于初始表现的系数的步骤（10），从而获取修改的表现。

2.根据权利要求1的方法，其特征还在于用于确定一组方向性函数的步骤（4）包括一个子步骤（12），用于直接确定该组方向性函数的全部或一部分。

3.根据权利要求1或权利要求2的方法，其特征还在于用于确定一组方向性函数的步骤（4）包括一个子步骤（16），用于自动地解释一条处理指令，允许在该处理指令的基础上自动地提供该组方向性函数的全部或一部分。

4.根据权利要求1的方法，其特征还在于用于代表该处理操作的该组方向性函数根据预定的格式加以表达，以及在于用于建立一组方向性函数的步骤（4）包括一个子步骤（18），用于从预定格式转换为对应于这些方向性函数在球形谐波基础上的分解的一组系数。

5.根据权利要求1的方法，其特征还在于用于定义处理操作的步骤（2）还包括一个步骤（20），用于为该处理操作建立一组参数。

6.根据权利要求5的方法，其特征在于该组参数包括以下参数的全部或某一部分：

- 一组常量 $(c_{l,m,r,m'}^{f,m'})$ ，用于形成各加权系数，并根据处理操作的性质被定义；及
- 一个参数 (L)，用于规定该方法的操作的限制顺序并对应于所需算术精度限制。

7.根据权利要求5的方法，其特征在于用于建立一组参数的步骤(20)包括一个用于直接确定该组参数的全部或一部分的子步骤(22)。

8.根据权利要求5的方法，其特征在于用于建立一组参数的步骤(20)包括一个子步骤(26)，用于自动地解释该处理指令，允许在该处理指令基础上自动地提供该组参数的全部或一部分。

9.根据权利要求6的方法，其特征在于用于建立一组参数的步骤(20)包括一个子步骤，根据该处理操作的性质用于计算该组常量的全部或一部分。

10.根据权利要求1的方法，其特征在于用于确定滤波组合的步骤(6)包括至少一个子步骤(30)，用于通过将所述系数进行线性组合而计算滤波组合，所述系数对应于用于代表处理操作的这组方向性函数的基于球形谐波的分解。

11.根据权利要求6的方法，其特征在于：确定滤波组合的步骤(6)包括至少一个子步骤(30)，用于通过将对应于代表处理操作的这组方向性函数的基于球形谐波的分解的系数进行线性组合而计算滤波组合，其特征还在于：通过线性组合进行计算的子步骤(30)使用该组常量作为各加权系数。

12.根据权利要求10的方法，其特征在于计算子步骤(30)的结果直接形成将要应用于初始表现系数的滤波组合。

13.根据权利要求12的方法，其特征在于该处理是卷积处理。

14.根据权利要求12的方法，其特征在于该处理是开窗处理。

15.根据权利要求1的方法，其特征在于该处理包括至少一个将要应用于初始声场表现的失真，以及在于在用于建立一组方向性函数

的步骤(4)期间所确定的方向性函数的全部或某一部分形成代表失真的一组失真对,其形式是对应于该失真对在球形谐波基础上的分解的一组系数。

16.根据权利要求10的方法,其特征在于该处理包括至少一个将要应用于初始声场表现的失真,还在于在用于建立一组方向性函数的步骤(4)期间所确定的方向性函数的全部或某一部分形成代表失真的一组失真对,其形式是对应于该失真对在球形谐波基础上的分解的一组系数,并且其特征在于该处理包括一个称为正常处理的第一处理操作和所述失真,计算子步骤(30)提供对应于正常处理的滤波组合,并且用于确定滤波组合的步骤(6)还包括至少一个失真的子步骤(50),在代表所述失真的失真对的基础上,修改由计算子步骤(30)所提供的滤波组合,从而提供将要被应用于初始表现各系数的滤波组合。

17.根据权利要求16的方法,其特征在于定义处理操作的步骤(2)还包括一个步骤(20),用于为该处理操作建立一组参数,并且其特征在于该组参数包括一个代表失真效果的参数(λ),也即是说,用于规定将要应用的处理与正常处理之间的相似性。

18.根据权利要求15的方法,其特征在于该处理只包括一个失真或多个失真,用于确定滤波组合的步骤(6)包括至少一个失真子步骤(50),只在代表所述一个失真或多个失真的失真对的基础上提供滤波组合,从而提供将要被应用于初始表现系数的滤波组合。

19.根据权利要求16的方法,其特征在于它包括多个失真子步骤(50),它们彼此是递归的,以使每个失真子步骤(50)接收由先前子步骤所提供的滤波组合作为输入。

20.根据权利要求16的方法,其特征在于至少一个失真子步骤(50)允许确定滤波组合,这些滤波组合对应于对那些并非由失真对所直接目标针对的初始表现部分所执行的修改。

21.根据权利要求10的方法,其特征在于该处理分为多个元素性处理操作,以及在于至少该用于确定滤波组合的步骤(6)被多次重复,这些由各不同计算(30)和/或失真(50)子步骤所得的并且对应于各

元素性处理操作的滤波组合彼此一起排列以便形成将应用于初始表现系数的滤波组合。

22.根据权利要求 1 的方法,其特征在于用于确定滤波组合的步骤(6)包括一个用于把以预定格式表示的滤波组合进行转换的子步骤(32),从而考虑到执行应用滤波组合的步骤(10)而提供适用于各给定滤波器的参数化的各滤波器参数。

23.根据权利要求 1 的方法,其特征在于该处理是空间处理,以及在于应用滤波组合的步骤(10)包括用于初始表现系数的增益修改。

24.根据权利要求 1 的方法,其特征在于该处理是空间的和频率的处理,以及在于应用滤波组合的步骤(10)包括将随频率而变化的滤波器应用于初始表现系数。

25.根据权利要求 1 的方法,其特征在于代表初始声场表现和修改表现的各组系数是称为傅立叶-贝塞尔系数的各组系数。

26.一种用于处理一个声场表现的设备,通过应用对应于至少该声场的空间处理的处理操作而提供该声场的一个表现,该设备(60)接收具有一组系数形式的声场初始表现作为输入,该组系数在时间上和三维空间内表现该声场,该设备提供一个由对应于应用于初始表现系数的处理的滤波组合所修改的表现作为输出,该设备的特征在于它包括用于定义处理操作的装置(61),包括:

- 建立用于代表处理操作的一组方向性函数的装置(62、64、66),该组方向性函数的形式是对应于它们在球形谐波基础上的分解的一组系数;及

- 在所述分解基础上用于确定滤波组合的装置(70),所述滤波组合适于由将初始表现系数作为输入加以接收以及提供修改的表现作为输出的滤波装置(80)使用。

27.根据权利要求 26 的设备,其特征在于用于定义处理操作的装置(61)包括一个用于为该设备直接获取操作数据的模块(62)。

28.根据权利要求 26 或权利要求 27 的设备,其特征在于用于定义处理操作的装置(61)包括一个用于自动地解释一条操作指令的模块

(64)，该操作指令允许自动地提供操作数据。

29.根据权利要求 27 的设备，其特征在于所述操作数据包括用于代表处理操作的该组方向性函数。

30.根据权利要求 29 的设备，其特征在于用于定义处理操作的装置 (61) 包括一个转换模块 (66)，适用于将该组方向性函数从预定的格式转换为对应于这些方向性函数在球形谐波基础上分解的一组系数。

31.根据权利要求 27 的设备，其特征在于这些操作数据包括一组用于处理操作的参数。

32.根据权利要求 31 的设备，其特征在于用于定义处理操作的装置 (61) 包括一个根据处理操作的性质用于计算一组参数的全部或一部分的模块。

33.根据权利要求 26 的设备，其特征在于用于确定滤波组合的装置 (70) 包括一个模块 (72)，用于通过将对应于代表处理操作的方向性集合在球形谐波基础上的分解的各系数进行线性组合而计算滤波组合。

34.根据权利要求 31 的设备，其特征在于确定滤波组合的装置 (70) 包括一个模块 (72)，用于通过将对应于代表处理操作的方向性集合在球形谐波基础上的分解的各系数进行线性组合而计算滤波组合，其特征还在于该组处理参数包括一组常量，以及在于用于通过线性组合而计算的模块 (72) 使用该组常量作为加权系数。

35.根据权利要求 26 的设备，其特征在于该处理操作包括至少一个失真，一组方向性函数的全部或部分形成对应于将要应用于初始表现的一个失真或多个失真的一组失真对，以及在于用于确定滤波组合的装置 (70) 还包括一个用于失真的模块 (74)，它在失真对的基础上对由计算模块 (72) 提供的滤波组合进行修改，从而提供将要应用于初始表现系数的滤波组合。

36.根据权利要求 26 的设备，其特征在于该处理操作只包括一个或多个失真，一组方向性函数的全部或部分形成对应于将要应用于

初始表现的一个失真或多个失真的一组失真对，以及在于用于确定滤波组合的装置（70）只包括一个失真模块（74），以便只在失真对的基础上提供滤波组合。

用于处理声场表现的方法和系统

技术领域

本发明涉及一种方法和一种系统，用于处理一个声场表现以便提供一种至少通过空间处理而被修改的声场表现。

背景技术

现今存在的方法和系统从为时间和空间函数的系数形式表现的声场，允许提供对由对应于至少声场的空间处理的线性组合而提供的这些系数的修改的表现。

然而，在所有情况下可能的处理操作都受到限制和被预先规定。

例如，在《高保真度立体声响复制》名词下组合的系统使用一个具有环绕一个同化于聆听位置的点的虚拟声源的角度分布的形式的音响环境的表现。

这些系统只允许修改特定的预定性能，例如方位角上的角度失真、在优先方向内的聚焦或者相对于给定轴的旋转。

此外，这些系统在精度方面受到限制。因此，在现有系统中，例如任何方向内的聚焦这类处理操作只能应用于在对应于一阶算术的精度范围内加以表现，也即质量是差的。

显然，现有技术的系统都无法表现一个为获得修改的表现而对声场进行任何修改的性能，尤其在很高质量的初始表现例如高阶次的情况下更是如此。

发明内容

本发明的目的是通过提供一种用于处理一个声场表现的方法和一种系统而克服该问题，从而允许进行非常广泛的处理操作的性能。

本发明涉及一种方法，用于处理一个声场表现以便通过应用至少

对应于声场空间处理的处理操作而提供一种被修改的声场表现，它包括：

- 使用一个声场的一组时间和三维空间的系数的形式来建立该声场的初始表现；及

- 通过使用对应于处理操作并且应用于初始表现的系数的滤波组合而建立修改的表现，

其特征还在于它还包括一个确定处理操作的步骤，该步骤包括：

- 一个建立一组用于代表处理操作的方向性函数的步骤，其形式是对应于这些函数在球形谐波的基础上的分解的一组系数；及

- 一个在该分解基础上确定滤波组合的步骤，用于实施一个将如此确定的滤波组合应用于初始表现系数的步骤，从而获得修改的表现。

根据本发明的其它特征：

- 用于确定一组方向性函数的步骤包括一个子步骤，用于直接确定该组方向性函数的全部或一部分；

- 用于确定一组方向性函数的步骤包括一个子步骤，用于自动地解释一条处理指令，该指令允许在该处理指令的基础上自动地提供该组方向性函数的全部或一部分；

- 使用预定的格式来表达用于代表处理操作的该组方向性函数，以及建立一组方向性函数的步骤包括一个转换子步骤，用于从预定格式转换为对应于这些方向性函数在球形谐波的基础上的分解的一组系数；

- 限定处理操作的步骤还包括一个用于为该处理操作建立一组参数的步骤；

- 该组参数包括以下参数的全部或一部分；

- 一组用于形成加权系数和被定为处理操作本质的函数的常量；

及

- 一个用于规定该方法操作的限制顺序和对应于所需算术精度限制的参数；

- 建立一组参数的步骤包括一个子步骤，用于直接确定该组参数

的全部或一部分;

- 建立一组参数的步骤包括一个子步骤,用于自动地解释一条处理指令,该指令允许在该处理指令的基础上自动地提供该组参数的全部或一部分;

- 建立一组参数的步骤包括一个子步骤,用于计算作为处理操作本质的函数的该组常量的全部或一部分;

- 确定滤波组合的步骤包括至少一个子步骤,用于通过将一些系数进行线性组合而计算滤波组合,这些系数对应于对代表处理操作的该组方向性函数进行的基于球形谐波的分解;

- 通过线性组合进行计算的子步骤使用该组常量作为加权系数;

- 该过程多次重复,以及由不同计算子步骤所得的该滤波组合彼此组合以便形成将要应用于初始表现系数的滤波组合;

- 计算子步骤的结果直接形成将要应用于初始表现系数的滤波组合;

- 该处理是卷积处理;

- 该处理是开窗处理;

- 该处理包括至少一个将要应用于初始声场表现的失真,以及在建立一组方向性函数的步骤期间所确定的全部或一部分方向性函数形成一组用于代表失真的各失真对,其形式是对应于各失真对在球形谐波基础上的分解的一组系数;

- 该处理包括一个被称为正常操作的第一处理操作和一个失真或多个失真,用于提供对应于正常处理的滤波组合的计算子步骤,用于确定滤波组合的步骤还至少包括一个失真子步骤,它在代表所述一个或多个失真的失真对的基础上将由计算子步骤所提供的滤波组合加以修改,以便提供将要应用于初始表现系数的滤波组合;

- 该组参数包括一个用于代表失真效果的参数,也即,用于规定将要应用的处理和正常处理之间的相似性的参数;

- 该处理只包括一个失真或多个失真,用于确定滤波组合的步骤包括至少一个失真子步骤,用于只根据代表所述一个失真或多个失真

的失真对来提供滤波组合，从而提供将要应用于初始表现系数的滤波组合。

- 它包括多个失真子步骤，它们彼此是递归的，以使每个失真子步骤接收由先前子步骤所提供的滤波组合作为输入。

- 至少一个失真子步骤包括一个优化子步骤，用于确定滤波组合，这些滤波组合对应于对那些并非由失真对直接目标针对的初始表现部分所执行的修改；

- 该操作分为多个元素性处理操作，以及至少该用于确定滤波组合的步骤被多次重复，这些由不同计算和/或失真子步骤所得的并且对应于各元素性处理操作的滤波组合彼此搀和排列以便形成将应用于初始表现系数的滤波组合；

- 用于确定滤波组合的步骤包括一个用于把以预定格式表示的滤波组合进行转换的子步骤，从而考虑到执行使用滤波组合的步骤而提供适用于各给定滤波器的参数化的各滤波器参数；

- 该处理是空间处理，以及应用滤波组合的步骤包括应用于初始表现系数的增益修改；

- 该处理是空间的和频率的处理，以及应用滤波组合的步骤包括将滤波器应用到初始表现系数，而这些滤波器随频率而变化；

- 用于代表初始声场表现和修改表现的各组参数是所谓傅立叶-贝塞尔系数的各系数组。

本发明还涉及一种用于处理一个声场表现的设备，通过应用对应于该声场的至少空间处理的处理操作而提供该声场的一个表现，该设备接收具有一组系数形式的声场初始表现作为输入，该组系数在时间上和三维空间内表现该声场，该设备输出一个由对应于那些应用于初始表现系数的处理的滤波组合所修改的表现，该设备的特征在于它包括用于定义处理的装置，包括：

- 建立用于代表处理操作的一组方向性函数的装置，该组方向性函数具有对应于它们在球形谐波基础上分解的一组系数的形式；及

- 在该分解基础上用于确定滤波组合的装置，以由将初始表现系数作为输入加以接收以及提供修改的表现作为输出的滤波装置（80）使用。

根据该设备的其它特征：

- 用于限定处理操作的装置包括一个用于为该设备直接获取操作数据的模块；

- 用于限定处理操作的装置包括一个用于自动地解释操作指令的模块，该操作指令允许自动地提供操作数据；

- 这些操作数据包括用于代表处理操作的该组方向性函数；

- 用于限定处理操作的装置包括一个转换模块，适用于将该组方向性函数从预定的格式转换为对应于这些方向性函数在球形谐波基础上分解的一组系数；

- 这些操作数据包括一组用于处理操作的参数；

- 用于限定处理操作的装置包括一个根据处理操作的性质用于计算一组参数的全部或一部分的模块；

- 用于确定滤波组合的装置包括一个模块，用于通过将对应于代表处理操作的方向性集合在球形谐波基础上的分解的系数进行线性组合而计算滤波组合；

- 该组处理参数包括一组常量，以及用于通过线性组合而计算的模块使用该组常量作为加权系数；

-该处理操作包括至少一个失真，一组方向性函数的全部或部分形成对应于将要应用于初始表现的一个或多个失真的一组失真对，以及用于确定滤波组合的装置还包括一个用于失真的模块，它在失真对的基础上对由计算模块提供的滤波组合进行修改，从而提供将要应用于初始表现系数的滤波组合；

-该处理操作只包括一个或多个失真，一组方向性函数的全部或部分形成对应于将要应用于初始表现的一个或多个失真的一组失真对，以及用于确定滤波组合的装置只包括一个失真模块，用于只在失真对

的基础上提供滤波组合。

附图说明

参照附图阅读以下只通过例子给出的说明时，将能更好地理解本发明，附图中：

- 图 1 是一个球形坐标系统的表示；
- 图 2 是本发明方法的一般流程图；
- 图 3 是本发明第一实施例的详细流程图；
- 图 4 是应用处理步骤的实施例的图；
- 图 5 是本发明第二实施例的详细流程图；及
- 图 6 是适用于实施本发明方法的设备的框图。

具体实施方式

图 1 显示一个常规球形坐标系统，用于清楚描述本文中将其用作参照的坐标系统。

该坐标系统是一个具有原点 O 的正交坐标系统，以及包括三个轴 (OX)、(OY) 和 (OZ)。

在此坐标系统中，由 $\vec{r}$ 所表示的位置通过其球形坐标 (r, θ, ϕ) 加以描述，其中 r 表示相对于原点 O 的距离， θ 是垂直平面内的方向，及 ϕ 是水平平面内的方向。

在这一坐标系统中，如果每一个瞬间 t 在所有点上，由 $p(r, \theta, \phi, t)$ 表示的声压都被确定，则该声场为已知，其中该声压的傅立叶变换由 $P(r, \theta, \phi, f)$ 表示，而 f 表示频率。

本发明的方法的依据是：使用空间-时间函数，允许将任何声场用时间和三维空间来描述。

在所描述的实施例中，这些函数是已知的第一类球形傅立叶-贝塞尔函数，今后将称为傅立叶-贝塞尔函数。

在一个没有声源和阻碍的区域内，傅立叶-贝塞尔函数对应于波动方程的解，并且提供一个基础，用于生成位于该区域外部的声源所

生成的所有声场。

因此任何三维声场可以用傅立叶-贝塞尔函数的一个线性组合根据以下表达式来表示:

$$P(r, \theta, \phi, f) = 4\pi \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=-l}^l P_{l,m}(f) j_l(kr) y_l^m(\theta, \phi)$$

在此等式中, $P_{l,m}(f)$ 项被定义为场 $p(r, \theta, \phi, t)$ 的傅立叶-贝塞尔系数, $k=2\pi f/c$, c 是空气中的音速 (340ms^{-1}), $j_l(kr)$ 是 l 阶次的第二类球形贝塞尔函数, 并由下式表示:

$$j_l(x) = \sqrt{\frac{\pi}{2x}} J_{l+1/2}(x)$$

其中 $J_v(x)$ 是 v 阶次的第二类贝塞尔函数, 以及 $y_l^m(\theta, \phi)$ 是 l 阶次 m 项的实部球形谐波, 其中 m 的范围从 $-l$ 到 l , 由下式决定:

$$y_l^m(\theta, \phi) = P_l^{|m|}(\cos \theta) \text{trg}_m(\phi)$$

其中:

$$\text{trg}_m(\phi) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cos(m\phi) & \text{for } m > 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} & \text{for } m = 0 \\ \frac{1}{\sqrt{\pi}} \sin(m\phi) & \text{for } m < 0 \end{cases}$$

在该式中, $P_l^m(x)$ 是相关联的勒让德函数, 它由下式决定:

$$P_l^m(x) = \sqrt{\frac{2l+1}{2}} \sqrt{\frac{(l-m)!}{(l+m)!}} (1-x^2)^{m/2} \frac{d^m}{dx^m} P_l(x)$$

其中 $P_l(x)$ 表示勒让德多项式, 由下式决定:

$$P_l(x) = \frac{1}{2^l l!} \frac{d^l}{dx^l} (x^2-1)^l$$

傅立叶-贝塞尔系数也能由对应于傅立叶-贝塞尔系数 $P_{l,m}(f)$ 的逆时域傅立叶变换的系数 $p_{l,m}(t)$ 在时域内表达。

在其它实施例, 声场是在函数的基础上被分解的, 其中每个函数由一个可选的傅立叶-贝塞尔函数的无限线性组合所表示。

图 2 显示一个本发明方法的一般流程图。

一般而言, 该方法从步骤 2 开始, 用于定义一个将应用于声场表

现的和至少对应于该声场的空间处理的处理操作。

用于定义处理操作的步骤 2 包括一个步骤 4, 用于建立代表处理操作的一组方向性函数。

一个方向性函数意味着一个由 $G(\theta, \phi, f)$ 表示的函数, 它将一个实数值或复数值与空间中的每个方向关联起来, 这些实数值或复数值可选地是频率的函数或频率范围。

任何方向性函数 $G(\theta, \phi, f)$ 通过球形傅立叶变换被分解为由 $G_{l,m}(f)$ 表示的球形谐波系数。因此, 根据以下表达式, 通过逆球形傅立叶变换, 可从球形傅立叶系数 $G_{l,m}(f)$ 获得方向性函数 $G(\theta, \phi, f)$:

$$G(\theta, \phi, f) = \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=-l}^l G_{l,m}(f) Y_l^m(\theta, \phi)$$

在本文件的其余部分, 方向性函数可以由它们在直接空间内的表达式 $G(\theta, \phi, f)$ 或以球形傅立叶系数 $G_{l,m}(f)$ 的形式来表示。

在步骤 4 末尾, 以对应于方向性函数在球形谐波基础上的分解的一组系数的形式来提供此组方向性函数。

随后, 在步骤 4 中所执行的方向性函数分解的基础上, 执行用于确定滤波组合的步骤 6。所谓滤波的含义覆盖着频率、幅值和相位的滤波或者它们的组合。

因此, 用于确定滤波组合的步骤 6 提供对应于将应用的处理的滤波组合, 其形式是滤波器参数, 它们以后允许依靠例如一组数字滤波器来实施这些滤波组合。

考虑到应用这些处理, 该方法包括一个步骤 8, 用于以一组系数或信号的形式建立一个声场的初始表现, 这些系数或信号在时间上或三维空间内表示该声场。

具体地, 此组系数是一组已知称为《傅立叶-贝塞尔》系数的如同参照图 1 所定义的系数。

该方法然后包括一个步骤 10, 用于将步骤 2 中所定义的滤波组合应用于如步骤 8 中所定义的初始表现系数。

步骤 10 允许生成一个修改的表现, 它对应于初始声场被所定义的处理进行修改后在时间上和三维空间内的表现, 其形式是被称为傅

立叶-贝塞尔系数的一组系数。

图 3 详细地显示本发明第一实施例的流程图。

在此实施例中，所应用的处理操作是例如空间开窗的处理操作，它在于修改被认为是生成初始声场的全部或某一些虚拟声源的增益的操作；以及空间卷积或空间滤波，它在于对这些虚拟声源中的全部或一些的角扩展进行修改，或者任何其它类似的处理操作。

该开窗和卷积处理可以随着频率变化，它允许对全部或一些虚拟声源进行距离和频谱修改。

如图 2 中所描述的，该方法从步骤 4 开始，用于确定代表将要应用的处理的一组方向性函数。

当该处理只包括单个处理操作例如开窗或卷积处理时，可选地随着频率变化的单个方向性函数已足够用于代表它。

优选地，步骤 4 包括一个子步骤 12，用于以多种预定格式中的一种或其它格式来直接确定该组方向性函数的全部或一部分。

附加地或选代地，步骤 4 包括一个子步骤 14，用于输入一条处理指令，它在子步骤 16 中被自动地解释，允许以多种预定格式中的一种或其它格式来自动地提供该组方向性函数的全部或一部分。例如，该处理操作被计算机中的软件装置所使用，以及该处理指令具有一个图标的形式，它的有效性给出由软件装置的给定处理操作所得的性能。

子步骤 12 和 14 对应于例如手动获取操作或者也对应于来自内部存储器或来自外部设备的方向性数据的接收操作。

作为该组方向性函数确定时的格式的函数，步骤 4 可能需要一个子步骤 18，用于将该组方向性函数从预定格式转换为一组系数，该组系数对应于方向性函数在球形谐波基础上的分解。

对于该组方向性函数的每个方向性函数 $G_{l,m}(f)$ ，此转换子步骤 18 可用多种方式执行。

例如，方向性函数 $G_{l,m}(f)$ 在各参数 (r_q, θ_q, ϕ_q) 和各参数 $H_q(f)$ 的基础上被定义，其中各参数 (r_q, θ_q, ϕ_q) 规定 Q 个虚拟声源的位置和各参数 $H_q(f)$ 规定这些声源中的每一个的频率响应。一个辐射模型与每个虚拟

声源相关联，以致这些声源作为整体被认为产生一个声场，它的以傅立叶-贝塞尔系数表现的表现允许一个方向性函数与该声场相关联。

例如，与每个声源相关联的辐射模型是一个球形波辐射模型，以及通过以下等式在子步骤 18 中获得方向性函数 $G_{l,m}(f)$ ：

$$G_{l,m}(f) = \sum_{q=1}^Q \frac{H_q(f)}{r_q} e^{-\frac{j2\pi r_q f}{c}} \xi_l(r_q, f) y_l^m(\theta_q, \phi_q)$$

其中

$$\xi_l(r_q, f) = \sum_{k=0}^l \frac{(l+k)!}{2^k k! (l-k)!} \left(\frac{j2\pi r_q f}{c} \right)^{-k}$$

在一个替换方案中，在用于规定 Q 个声源方向的各参数 (θ_q, ϕ_q) 的基础上执行此计算。在此情况下，一个平面波辐射模型与每个声源相关联，以及通过以下等式获得方向性函数 $G_{l,m}(f)$ ：

$$G_{l,m}(f) = \sum_{q=1}^Q H_q(f) y_l^m(\theta_q, \phi_q)$$

在其它实施例中，在平面波和球形波的辐射模型的基础上确定 $G_{l,m}(f)$ 。

在另一个情况下，在用于代表一个方向性函数的参数化描述的各参数的基础上定义方向性函数。该参数化描述在直接空间中实现，以及用一个可能是复数的数值与每个方向相关联。优选地，这些参数可能随着频率变化。

在该情况下，方向性函数 $G_{l,m}(f)$ 的系数通过使用一个参数化模型加以确定。该模型各参数被放置于一个向量 $\gamma(f)$ 内，以及方向性函数的参数化模型写为 $G(\theta, \phi, \gamma(f))$ 。根据以下等式，这些方向性函数 $G_{l,m}(f)$ 的系数通过 $G(\theta, \phi, \gamma(f))$ 的球形傅立叶变换获得：

$$G_{l,m}(f) = \int_{\theta=0}^{\pi} \int_{\phi=0}^{2\pi} G(\theta, \phi, \gamma(f)) y_l^m(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi$$

例如，参数化模型可以对应于一个具有单个波瓣的方向性函数。此模型由各参数 $(\theta_l(f), \phi_l(f))$ 和参数 $\theta_0(f)$ 控制，其中各参数 $(\theta_l(f), \phi_l(f))$ 规定波瓣方向以及参数 $\theta_0(f)$ 规定波瓣的开启角度。

因此，参数化模型可以是一个方向性函数，它在任何方向内具有数值 0 而在每个 (θ, ϕ) 方向内具有数值 1，从而验证以下关系：

$$(\theta_1(f), \phi_1(f)) \cdot (\theta, \phi) > \cos(\theta_0(f))$$

其中 $(\theta_1(f), \phi_1(f)) \cdot (\theta, \phi)$ 表示各方向 $(\theta_1(f), \phi_1(f))$ 和 (θ, ϕ) 之间的标量积。

在此情况下，方向性函数的各系数 $G_{l,m}(f)$ 由下式给出：

$$G_{l,m}(f) = 2\pi y_l^m(\theta_1(f), \phi_1(f)) \frac{P_{l-1}(\cos\theta_0(f)) - P_{l+1}(\cos\theta_0(f))}{2l+1}$$

在此表达式中 $P_{-1}(x)=1$ 。

在一个替换方案中，方向性函数的参数化描述的各参数可以随着时间变化。在这种情况下，该模型各参数被放置于一个向量 $\chi(t)$ 内，以及方向性函数的参数化模型写为 $g(\theta, \phi, \chi(t))$ 。根据以下表达式，在时域内这些方向性函数 $g_{l,m}(t)$ 的系数通过 $g(\theta, \phi, \chi(t))$ 的球形傅立叶变换获得：

$$g_{l,m}(t) = \int_{\theta=0}^{\pi} \int_{\phi=0}^{2\pi} g(\theta, \phi, \chi(t)) y_l^m(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi$$

然后通过系数 $g_{l,m}(t)$ 的时域傅立叶变换获得以频域表示的方向性函数的系数 $G_{l,m}(f)$ 。

在又一种情况下，方向性函数用一系列 Q 个样本的形式被定义。该系列由 Q 对 $\{((\theta_q, \phi_q), \nu_q)\}$ 组成，其中 (θ_q, ϕ_q) 是样本 q 的方向及其中 ν_q 是 (θ_q, ϕ_q) 方向内方向性函数的数值。优选地，该系列样本可以为多个频率 f 获取和然后被表示为 $\{((\theta_q, \phi_q), \nu_q)\}(f)$ 。

对于每个操作频率 f ，方向性函数的系数 $G_{l,m}(f)$ 从该系列样本 $\{((\theta_q, \phi_q), \nu_q)\}(f)$ 中获取。这些系数通过将角度采样过程倒置而获取，这允许在方向性函数的基础上从系列 $\{((\theta_q, \phi_q), \nu_q)\}(f)$ 中获取样本，这些方向性函数是用球形谐波系数的形式提供的。此倒置操作可以采取不同形式以便控制样本之间的内插。

在所描述的实施例，这些样本以下列方式被放置于一个向量 V 内。

$$[\nu_1 \nu_2 \dots \nu_q]^t$$

一个矩阵 Y 以下列方式由各采样方向组成。

$$\begin{bmatrix} Y_{1,0,0} & Y_{1,1,-1} & Y_{1,1,0} & Y_{1,1,1} & \cdots & Y_{1,L,-L} & \cdots & Y_{1,L,0} & \cdots & Y_{1,L,L} \\ Y_{2,0,0} & Y_{2,1,-1} & Y_{2,1,0} & Y_{2,1,1} & \cdots & Y_{2,L,-L} & \cdots & Y_{2,L,0} & \cdots & Y_{2,L,L} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Y_{Q,0,0} & Y_{Q,1,-1} & Y_{Q,1,0} & Y_{Q,1,1} & \cdots & Y_{Q,L,-L} & \cdots & Y_{Q,L,0} & \cdots & Y_{Q,L,L} \end{bmatrix}$$

其中每个元素 $Y_{q,l,m}$ 等于:

$$Y_{q,l,m} = y_l^m(\theta_q, \phi_q)$$

应记住, $y_l^m(\theta_q, \phi_q)$ 表示所考虑的采样方向 θ_q, ϕ_q 的 l 阶次和 m 项的球形谐波。

为频率 f 确定包含系数 $G_{l,m}(f)$ 的向量 G 。向量 G 可以通过以下关系来确定:

- 如果频率 f 处的样本数量 Q 大于系数 $G_{l,m}(f)$ 的数量, 则

$$G = (Y^T Y)^{-1} Y^T V; \text{ 以及}$$

- 如果频率 f 处的样本数量 Q 小于系数 $G_{l,m}(f)$ 的数量, 则

$$G = Y^T (Y Y^T)^{-1} V.$$

在向量 G 中, 系数 $G_{l,m}(f)$ 以下列方式组织:

$$[G_{0,0}(f) \ G_{1,-1}(f) \ G_{1,0}(f) \ G_{1,1}(f) \ \cdots \ G_{L,-L}(f) \ \cdots \ G_{L,0}(f) \ \cdots \ G_{L,L}(f)]^t$$

在一个替换方案中, 可以为多个瞬间 t 获取系列样本并且标以 $\{((\theta_q, \phi_q), v_q)\}(t)$ 。

对于每个用于获取的瞬间 t , 以时域表达的方向性函数系数 $g_{l,m}(t)$ 可从系列样本 $\{((\theta_q, \phi_q), v_q)\}(t)$ 中获取。这些系数通过将角度采样处理倒置而获取, 这允许在方向性函数的基础上从系列 $\{((\theta_q, \phi_q), v_q)\}(t)$ 中获取样本, 这些方向性函数是用球形谐波系数的形式提供的。

然后, 在频域内表达的方向性函数系数 $G_{l,m}(f)$ 通过系数 $g_{l,m}(t)$ 的时域傅立叶变换而获得。

当然, 当步骤 12 或 16 直接以对应于方向性函数在球形谐波的基础上的分解的系数的形式而提供该函数时, 转换于步骤 18 并不修改该函数。

因此, 在步骤 4 末尾, 以对应于这些方向性函数在球形谐波的基础上的分解的一组系数的形式提供用于代表将要应用的处理的一组方

向性函数。

此外，用于决定处理操作的步骤 2 包括一个用于建立一组处理参数的步骤 20。

如同步骤 4 的情况，可以在用于直接确定的子步骤 22 期间直接确定此组参数和/或在用于输入一个处理指令的子步骤 24 和用于解释该允许自动地提供该组参数的全部或一部分的处理指令的子步骤 26 之后直接确定此组参数。

这些子步骤 22 和 24 对应于例如特定参数的手动获取操作或者也对应于从一个内部存储器或一个外部设备接收参数数据的操作。

具体地，在用于建立一组参数的步骤 20 期间，以下参数的全部或某一部分被决定：

- 一个参数 L ，用于规定该方法的操作限制顺序 (limit order) 并对应于所需算术精度限制；
- 一组标以 $c_{l,m,r,m'}^{f,m'}$ 的常量，用于形成各加权系数，它们被定义为处理操作性质的函数。具体地，这些系数优选地应用于方向性函数以便获取上述滤波组合。

某一部分参数可以是不变的并可直接在该方法中集合。

参数 L 允许将该方法用于初始表现的精度水平，以及具体地，允许本发明所涉及的方法将一个处理操作应用于一个具有高精度水平的初始表现。

如上所述，可以由一个操作者在步骤 20 期间从一个存储器或一个内部安排的设备来直接确定常量 $c_{l,m,r,m'}^{f,m'}$ 。例如，它们全都事先计算好，存于一个存储器内并根据处理操作的性质被选择。

替代地，在子步骤 24 期间获取一条用于定义处理操作性质的指令，以及子步骤 26 对应于根据处理操作性质和以下文件中将要描述的关系计算此组常量的全部或一部分。

当然，能使用所描述的解的组合来确定这些常量 $c_{l,m,r,m'}^{f,m'}$ 。

在步骤 20 期间所建立的各参数以及在步骤 4 期间所建立的对应

于方向性函数的各系数都在用于确定滤波组合的步骤 6 中使用。

该确定步骤 6 包括一个子步骤 30, 用于将一些系数进行线性组合而计算滤波组合, 这些系数对应于用于代表处理操作的这组方向性函数的基于球形谐波的分解。

在此第一计算子步骤 30 期间, 标以 $C_{l,m}^{l',m'}(f)$ 的滤波组合是在方向性函数 $G_{l,m}(f)$ 和各常量 $C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}$ 的基础上确定的, 它们根据处理操作的性质而确定并形成线性组合的加权系数。然后这些滤波组合用以下方式确定:

$$C_{l,m}^{l',m'}(f) = \sum_{l'=0}^L \sum_{m''=-l}^l C_{l,m,l'',m''}^{l',m'} G_{l'',m''}(f)$$

在以上关系中, l 和 m 分别标示初始表现的系数的阶次和项, l' 和 m' 分别标示修改的表现的系数的阶次和项, 以及 l'' 和 m'' 分别标示方向性函数的系数的阶次和项。

当处理操作是一个开窗类型的处理操作时, 常量 $C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}$ 可通过以下关系确定:

$$C_{l,m,l'',m''}^{l',m'} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}(1) + C_{l,-m,l'',m''}^{l',m'}(1)) & \text{pour } m > 0 \\ C_{l,0,l'',m''}^{l',m'}(1) & \text{pour } m = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (C_{l,-m,l'',m''}^{l',m'}(1) - C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}(1)) & \text{pour } m < 0 \end{cases}$$

其中

$$C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}(1) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}(2) + C_{l,m,l'',-m''}^{l',m'}(2)) & \text{pour } m'' > 0 \\ C_{l,m,l'',0}^{l',m'}(2) & \text{pour } m'' = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (C_{l,m,l'',-m''}^{l',m'}(2) - C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}(2)) & \text{pour } m'' < 0 \end{cases}$$

其中

$$C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}(2) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}(3) + C_{l,m,l'',m''}^{l',-m'}(3)) & \text{pour } m' > 0 \\ C_{l,m,l'',m''}^{l',0}(3) & \text{pour } m' = 0 \\ \frac{1}{j\sqrt{2}} (C_{l,m,l'',m''}^{l',-m'}(3) - C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}(3)) & \text{pour } m' < 0 \end{cases}$$

其中

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m'} = \delta_{m''-m}^{m'-m} \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \frac{\sqrt{(2l+1)(2l'+1)(2l''+1)}}{l+l'+l''+1} \sqrt{\frac{C_{l+|m|}^l C_{l'+|m'|}^{l'} C_{l''+|m''|}^{l''}}{C_l^{|m|} C_{l'}^{|m'|} C_{l''}^{|m''|}}} \times$$

$$\sum_{k=|m|}^l \sum_{k'=|m'|}^{l'} \sum_{k''=|m''|}^{l''} (-1)^{k+k'+k''} \frac{C_l^k C_l^{k-|m|} C_{l'}^{k'} C_{l'}^{k'-|m'|} C_{l''}^{k''} C_{l''}^{k''-|m''|}}{C_{l+l'+l''}^{k+k'+k''-n}}$$

并且

$$\delta_x^y = \begin{cases} 1 & \text{pour } x = y \\ 0 & \text{pour } x \neq y \end{cases}$$

并且

$$n = \frac{|m| + |m'| + |m''|}{2}$$

并且

$$C_n^p = \frac{n!}{p!(n-p)!}$$

由于球形谐波系数 $G_{l,m}(f)$ 对应于方向性函数 $G(\theta, \phi, f)$, 该处理操作对应于具有时域滤波的空间开窗的应用。类似地, 初始声场的傅立叶-贝塞尔系数 $P_{l,m}^{(I)}(f)$ 对应于方向性函数 $P^{(I)}(\theta, \phi, f)$ 的球形谐波系数。因此, 为每个频率 f 所作空间开窗与时域滤波的结果是由方向性函数 $G(\theta, \phi, f)$ 所作的方向性函数 $P^{(I)}(\theta, \phi, f)$ 的开窗操作, 这对应于这两个方向性函数的数值的每个方向 (θ, ϕ) 的乘积, 其中这两个方向性函数的数值可能是复数。

如上所述, 应用于声场的此处理操作所具有的效果是被认为用于生成该声场的该组虚拟声源的全部或一部分的幅值、距离和频谱的修改。

方向性函数 $G(\theta, \phi, f)$ 可以独立于频率并被标以 $G(\theta, \phi)$ 。然后该处理只是空间的, 并在每个频率 f 处对应于方向性函数 $P^{(I)}(\theta, \phi, f)$ 和方向性函数 $G(\theta, \phi)$ 的乘积。

当处理操作是卷积类型时, 这些常量 $c_{l,m,l'',m''}^{l',m'}$ 通过以下关系确定:

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m'} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m'}(1) + c_{l,-m,l'',m''}^{l',m'}(1)) & \text{pour } m > 0 \\ c_{l,0,l'',m''}^{l',m'}(1) & \text{pour } m = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (c_{l,-m,l'',m''}^{l',m'}(1) - c_{l,m,l'',m''}^{l',m'}(1)) & \text{pour } m < 0 \end{cases}$$

其中

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m'(1)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m'(2)} + c_{l,m,l'',-m''}^{l',m'(2)}) & \text{pour } m'' > 0 \\ c_{l,m,l'',0}^{l',m'(2)} & \text{pour } m'' = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',-m''}^{l',m'(2)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m'(2)}) & \text{pour } m'' < 0 \end{cases}$$

其中

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m'(2)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m'(3)} + c_{l,m,l'',m''}^{l',-m'(3)}) & \text{pour } m' > 0 \\ c_{l,m,l'',m''}^{l',0(3)} & \text{pour } m' = 0 \\ \frac{1}{j\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',-m'(3)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m'(3)}) & \text{pour } m' < 0 \end{cases}$$

其中

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m'(3)} = \delta_{l'',l'}^{l'} \delta_{m'',-m}^{m'} 2\sqrt{\pi} \varepsilon_{m'}^{m'} \varepsilon_{m''}^{m''} \frac{\sqrt{2l+1}}{l'+l+1} \sqrt{\frac{C_{l+|m|}^l C_{l'+|m'|}^{l'} C_{l''}^{|m''|}}{C_l^{|m|} C_{l'}^{|m'|} C_{l'+|m''|}^{l'}}} \sum_{k=|m|}^l C_l^k C_l^{k-|m|} \times$$

$$\sum_{p=\max(0,-m)}^{\min(l'-m',l'+m'')} (-1)^{p+k+m} C_{l'+m''}^p C_{l'-m''}^{p+m} \times \begin{cases} 1/C_{l'+l}^{p+k} & \text{si } m \geq 0 \\ 1/C_{l'+l}^{p+k+m} & \text{si } m \leq 0 \end{cases}$$

并且

$$\varepsilon_m^m = (\text{signe}(m))^m$$

此处理操作对应于具有时域滤波的空间滤波的应用。

响应于一个参考声场的激励，例如来自方向(0,0)的平面脉冲波的激励，球形谐波系数 $G_{l,m}(f)$ 对应于由一个线性的和角度上不变的音响系统所产生的声场的傅立叶-贝塞尔系数。这一响应被标以表达式《空间-时域响应》。如果一个音响系统所接收的声场旋转时，在它所生成的声场上引发相同旋转，则该线性音响系统是角度上恒定的。因此，这些系数 $G_{l,m}(f)$ 对应于这一音响系统的空间-时域响应。

初始声场的傅立叶-贝塞尔系数 $P^{(I)}_{l,m}(f)$ 也可认为是一个方向性函数 $P^{(I)}(\theta, \phi, f)$ 的球形谐波系数。因此，对于每个频率 f ，空间与时域滤波的卷积的结果是方向性函数 $P^{(I)}(\theta, \phi, f)$ 与方向性函数 $G(\theta, \phi, f)$ 的空间卷积，它在每个频率 f 处被认为是一个方向卷积核。

在所描述的实施例，在应用卷积时考虑一个方向 (θ_0, ϕ_0) ，然后将卷积核 $G(\theta, \phi, f)$ 旋转，将其北极(垂直方向, $\theta=0$ 和 $\phi=0$)转至 (θ_0, ϕ_0) 。

为在方向 (θ, ϕ) 内获取修改声场 $P^{(T)}(\theta, \phi, f)$ 的数值, 把被旋转的核在方向 (θ, ϕ) 内的数值与 $P^{(I)}(\theta, \phi, f)$ 在方向 (θ_0, ϕ_0) 内的数值相乘, 并将所有方向 (θ_0, ϕ_0) 的这些乘积相加。

应用于声场的此处理允许例如修改角度分布也即空间定位精度, 也就是被认为是为每个频率 f 生成初始声场的虚拟点音源的大小。此处理是通过窗口的时域卷积的空间仿真, 其效果是修改一个音响事件的时域分布, 例如一个平均或延迟效果。

当方向性函数 $G_{l,m}(f)$ 具有圆柱形对称性时, 也即, 如果在 $m \neq 0$ 时, $G_{l,m}(f) = 0$, 则以上等式被简化, 以及通过以下关系确定系数

$C_{l,m,l',m'}^{f,m'}$:

$$C_{l,m,l',m'}^{f,m'} = \delta_{l',l}^l \delta_{m',m}^m \delta_{m',m}^0 \sqrt{\frac{4\pi}{2l+1}}$$

方向性函数 $G(\theta, \phi, f)$ 可以独立于频率并被标以 $G(\theta, \phi)$ 。然后该处理只是空间的并在每个频率 f 处对应于与初始声场相关联的方向性函数 $P^{(I)}(\theta, \phi, f)$ 和方向性函数 $G(\theta, \phi)$ 的卷积。

此外, 本发明的方法还允许执行旋转处理。然而, 在此情况下不使用方向性函数, 而本方法获取用于代表该声场围绕原点 O 的旋转的参数 (θ, ϕ, ψ) 。

因此, 如果处理操作是一个旋转, 则根据以下关系从代表声场旋转的参数 (θ, ϕ, ψ) 中确定滤波组合:

$$C_{l,m}^{f,m'} = \delta_{l,m}^{l'} D_{m',m}^{lR}$$

其中

$$D_{m',m}^{lR} = \begin{cases} \Re(D_{m',m}^l + D_{-m',m}^l) & \text{pour } m' > 0 \text{ et } m > 0 \\ \sqrt{2} \Re(D_{m',0}^l) & \text{pour } m' > 0 \text{ et } m = 0 \\ \Im(D_{m',m}^l + D_{-m',m}^l) & \text{pour } m' > 0 \text{ et } m < 0 \\ \sqrt{2} \Re(D_{0,m}^l) & \text{pour } m' = 0 \text{ et } m > 0 \\ D_{0,0}^l & \text{pour } m' = 0 \text{ et } m = 0 \\ \sqrt{2} \Im(D_{0,m}^l) & \text{pour } m' = 0 \text{ et } m < 0 \\ \Im(D_{-m',m}^l - D_{m',m}^l) & \text{pour } m' < 0 \text{ et } m > 0 \\ -\sqrt{2} \Im(D_{m',0}^l) & \text{pour } m' < 0 \text{ et } m = 0 \\ \Re(D_{m',m}^l - D_{-m',m}^l) & \text{pour } m' < 0 \text{ et } m < 0 \end{cases}$$

其中

$$D_{m',m}^l = \varepsilon_m^m \varepsilon_{m'}^{m'} d_{m',m}^l(\theta) e^{-jm'\phi} e^{-jm\psi}$$

其中

$$d_{m',m}^l(\theta) = \sqrt{\frac{(l+m')!(l-m')!}{(l+m)!(l-m)!}} \sum_{k=\max(0,m-m')}^{\min(l-m',l+m)} (-1)^k C_{l+m}^k C_{l-m}^{k+m'-m} \times \\ \left(\cos \frac{\theta}{2}\right)^{2l+m-m'-2k} \left(\sin \frac{\theta}{2}\right)^{2k+m'-m}$$

并且

$$\Re(x) = \text{实部}(x)$$

$$\Im(x) = \text{虚部}(x)$$

在此关系中，用于角度 θ, ϕ 和 ψ 的卷积在于围绕轴(OZ)旋转一个角度 ψ ，再围绕轴(OY)旋转一个角度 θ ，然后围绕轴(OZ)旋转一个角度 ϕ 。

最后，所执行的处理还可以对应于中性处理。在此情况下，除当 $l'=l$ 和 $m'=m$ 时滤波组合的数值等于 1 之外，它们的其余数值都是零。

当然，得益于该组加权常量 $C_{l,m,r,m'}^{l',m'}$ 的定义，能够执行其它处理操作以及所描述的处理操作的各组合。

例如，可以通过该组常量的随机定义来执行随机处理操作。

优选地，只为非零常量 $C_{l,m,r,m'}^{l',m'}$ 执行计算子步骤 30。

如此获得的滤波组合 $C_{l,m}^{l',m'}(f)$ 被放置于一个其大小为 $(L'+1)^2$ 乘以 $(L+1)^2$ 的矩阵 C 内。

当将要应用的处理操作只包含旋转、卷积或滤波时，矩阵 C 直接对应于将要应用的滤波组合并以一般方式标为 F ，以使计算子步骤 30 的结果形成将要应用于初始表现系数的滤波组合。

当处理操作对应于各类处理操作例如旋转、滤波、卷积和/或任何类型处理操作的组合时，计算子步骤 30 多次重复，以及每个矩阵 C 被连续地存储，以便与以下各矩阵组合，最后提供一个矩阵 F ，它包

括对应于将要应用于初始表现系数的滤波组合的各系数。因此，矩阵 F 是由连续的各矩阵 C 的矩阵乘积获取的。

矩阵 F 的每个元素 $F_{l,m}^{l,m'}(f)$ 代表一个空间-时域处理滤波器的频率响应。

滤波器和滤波方法的不同形式可用于步骤 10 中，其中将滤波组合应用于声场的初始表现。

当这些滤波器直接使用频率响应进行参数化时，这些系数 $F_{l,m}^{l,m'}(f)$ 被直接应用。优选地，用于确定滤波组合的步骤 6 包括一个转换子步骤 32，以便为其它滤波方法确定这些滤波器的各参数。

例如，这些滤波组合 $F_{l,m}^{l,m'}(f)$ 被转换为：

- 各有限脉冲响应 $f_{l,m}^{l,m'}(t)$ ，它们通过 $F_{l,m}^{l,m'}(f)$ 的逆时域傅立叶变换进行计算，每个脉冲响应 $f_{l,m}^{l,m'}(t)$ 被采样，然后被截断至一个适合于每个响应的长度；或者

- 使用自适应方法从 $F_{l,m}^{l,m'}(f)$ 中计算具有无限脉冲响应的递归滤波器的系数。

在应用滤波组合的步骤 10 期间应用如此定义的滤波组合，它将初始表现 $P^{(I)}_{l,m}(f)$ 变换为一个标以 $P^{(T)}_{l,m}(f)$ 的修改表现，并且它对应于一个通过对其应用至少代表步骤 2 中所定义的空间处理的处理滤波器而获得的修改声场。

在步骤 10 期间，对应于修改表现 $P^{(T)}$ 系数的各系数 $p^{(T)}_{l,m}(t)$ 是以下列方式通过频率响应处理滤波器 $F_{l,m}^{l,m'}(f)$ 的应用而从对应于初始表现 $p^{(I)}$ 系数的系数 $p^{(I)}_{l,m}(t)$ 中获得的：

$$P_{l,m}^{(T)}(f) = \sum_{l=0}^L \sum_{m=-l}^l F_{l,m}^{l,m'}(f) P_{l,m}^{(I)}(f)$$

其中 $P^{(I)}_{l,m}(f)$ 是 $p^{(I)}_{l,m}(t)$ 的傅立叶变换和 $P^{(T)}_{l,m}(f)$ 是 $p^{(T)}_{l,m}(t)$ 的傅立叶变换，这些分别是涉及初始表现和修改表现的各系数。

因此，为应用步骤 2 以合适形式所提供的滤波组合，步骤 10 实施常规时域滤波方法。

例如:

- 可以通过频域内的滤波方法例如块卷积技术实现滤波。在此情况下, 以频率响应 $F_{l,m}^{f,m'}(f)$ 的形式提供滤波组合。

- 可以通过时域卷积在时域内实现滤波。在此情况下, 以脉冲响应 $f_{l,m}^{f,m'}(t)$ 的形式提供滤波组合。

- 可以通过无限脉冲响应递归滤波器在时域内实现滤波。在此情况下, 以递归关系系数的形式提供滤波组合。

图 4 描述有限脉冲响应滤波的情况。此滤波初始地要求确定一个对应于表征每个响应 $f_{l,m}^{f,m'}(t)$ 的样本数的变量 $T_{l,m}^{f,m'}$, 这导致以下时域卷积表达式:

$$p_{l,m}^{(n)}[t] = \sum_{l=0}^L \sum_{m=-l}^l \sum_{\tau=0}^{T_{l,m}^{f,m'}-1} f_{l,m}^{f,m'}[\tau] p_{l,m}^{(n)}[t-\tau]$$

这些系数 $p_{l,m}^{(T)}(t)$ 所代表的声场对应于在应用至少空间处理之后的初始声场, 该空间处理将一个至少由一个音源所产生的声场与另一个至少由一个其方向、距离和/或增益被修改过的音源所产生的声场加以相互关联。

在另一个实施例中, 本发明的方法还允许应用各失真类型的处理操作, 这些处理操作对应于通过将生成初始声场的全部或一些虚拟声场的分布、位置、幅值的特性加以修改所得的一部分声场的失真。

此失真处理可以随着频率变化, 它允许对这些虚拟音源的全部或某一部分修改距离和频谱。

优选地, 此处理可以与参照图 3 所描述的处理操作中的一个互相组合。

图 5 描述本发明方法的一个实施例的流程图, 其中将一个第一处理操作和一个空间失真处理操作组合起来, 该第一处理操作称为正常处理并对应于一个以上所描述的处理操作, 其结果是初始声场的各表现分量的频率、幅值和/或相位特性的失真。

因此, 在此实施例中, 如前一样, 用于决定处理的步骤 2 包括用于建立一组方向性函数的步骤 4, 它包括用于直接确定的子步骤 12 和

/或用于获取的子步骤 14 和用于解释的子步骤 16 以及转换子步骤 18, 允许以对应于在一组方向性函数的球形谐波的基础上的分解的一组系数的形式提供该组函数。

在此实施例中, 在步骤 4 中确定的该组方向性函数的一部分对应于代表将要应用的失真的 N 对失真对。以类似于以上所描述的实施例的方式, 这些失真对被用一组标以 $\{(H_{l,m,n}(f), H'_{l,m,n}(f))\}$ 的系数的形式加以描述, 其中该组系数对应于它们在球形谐波基础上的分解。

每个失真对由两个方向性函数组成, 它们对应于一个源声场和一个目标声场的各傅立叶-贝塞尔系数, 应用于源声场的失真操作意图在于使它相似于目标声场。

因此, 步骤 4 提供一组对应于正常处理和也对应于各失真对的方向性函数, 这些失真对代表将要应用的失真, 其形式是对应于方向性函数在球形谐波基础上的分解的一组系数。

如以上一样, 步骤 2 还包括步骤 20, 用于通过直接确定的子步骤 22 和/或获取的子步骤 24 和解释的子步骤 26 来确定该组处理参数。

然而, 在此实施例中, 用于确定参数的步骤 20 还包括确定一个参数 λ , 它可以在 0 和 1 之间调整, 用于规定将要应用的最后处理与由步骤 4 确定的正常处理之间的相似性, 也即所实现的失真的相对幅值。

因此, 如果 λ 等于 1, 则只考虑失真, 而如果 λ 等于 0, 则只考虑步骤 4 期间所确定的处理。

如同参照图 3 所描述的实施例, 用于确定滤波组合的步骤 6 包括如上所描述地被执行的计算子步骤 30, 用于允许提供一个矩阵 C , 它所包括的一组滤波组合对应于正常处理的应用, 如同步骤 4 中确定的该组方向性函数所定义的那样。

该组失真对被用于为确定滤波组合的步骤 6 中, 在用于失真的子步骤 50 期间修改在计算子步骤 30 末尾所确定的滤波组合。

在此子步骤 50 期间, 在标以 $\{(H_{l,m,n}(f), H'_{l,m,n}(f))\}$ 的失真对和参数 λ 的基础上修改滤波组合 $C_{l,m}^{f,m'}(f)$, 以便提供滤波组合 $F_{l,m}^{f,m'}(f)$ 作为输出,

它们所代表的处理包括正常处理和失真并被应用于初始表现的系数。

在子步骤 50 期间,代表 N 个源方向性函数的球形谐波系数 $H_{l,m,n}(f)$ 以如下方式被放置于其大小为 $(L+1)^2$ 乘以 N 的矩阵 H 内:

$$\begin{bmatrix} H_{0,0,1}(f) & H_{0,0,2}(f) & \cdots & H_{0,0,N}(f) \\ H_{1,-1,1}(f) & H_{1,-1,2}(f) & \cdots & H_{1,-1,N}(f) \\ H_{1,0,1}(f) & H_{1,0,2}(f) & \cdots & H_{1,0,N}(f) \\ H_{1,1,1}(f) & H_{1,1,2}(f) & \cdots & H_{1,1,N}(f) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{L,-L,1}(f) & H_{L,-L,2}(f) & \cdots & H_{L,-L,N}(f) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{L,0,1}(f) & H_{L,0,2}(f) & \cdots & H_{L,0,N}(f) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{L,L,1}(f) & H_{L,L,2}(f) & \cdots & H_{L,L,N}(f) \end{bmatrix}$$

类似地,代表 N 个目标方向性函数的球形谐波系数 $H'_{l,m,n}(f)$ 被放置于其大小为 $(L'+1)^2$ 乘以 N 的矩阵 H' 内:

$$\begin{bmatrix} H'_{0,0,1}(f) & H'_{0,0,2}(f) & \cdots & H'_{0,0,N}(f) \\ H'_{1,-1,1}(f) & H'_{1,-1,2}(f) & \cdots & H'_{1,-1,N}(f) \\ H'_{1,0,1}(f) & H'_{1,0,2}(f) & \cdots & H'_{1,0,N}(f) \\ H'_{1,1,1}(f) & H'_{1,1,2}(f) & \cdots & H'_{1,1,N}(f) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H'_{L',-L',1}(f) & H'_{L',-L',2}(f) & \cdots & H'_{L',-L',N}(f) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H'_{L',0,1}(f) & H'_{L',0,2}(f) & \cdots & H'_{L',0,N}(f) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H'_{L',L',1}(f) & H'_{L',L',2}(f) & \cdots & H'_{L',L',N}(f) \end{bmatrix}$$

正常处理的滤波组合的系数 $C_{l,m}^{f,m'}(f)$ 也被放置于其大小为 $(L'+1)^2$ 乘以 $(L+1)^2$ 的矩阵 C 内:

$$\begin{bmatrix} C_{0,0}^{0,0}(f) & C_{1,-1}^{0,0}(f) & C_{1,0}^{0,0}(f) & C_{1,1}^{0,0}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{0,0}(f) & \cdots & C_{L,0}^{0,0}(f) & \cdots & C_{L,L}^{0,0}(f) \\ C_{0,0}^{1,-1}(f) & C_{1,-1}^{1,-1}(f) & C_{1,0}^{1,-1}(f) & C_{1,1}^{1,-1}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{1,-1}(f) & \cdots & C_{L,0}^{1,-1}(f) & \cdots & C_{L,L}^{1,-1}(f) \\ C_{0,0}^{1,0}(f) & C_{1,-1}^{1,0}(f) & C_{1,0}^{1,0}(f) & C_{1,1}^{1,0}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{1,0}(f) & \cdots & C_{L,0}^{1,0}(f) & \cdots & C_{L,L}^{1,0}(f) \\ C_{0,0}^{1,1}(f) & C_{1,-1}^{1,1}(f) & C_{1,0}^{1,1}(f) & C_{1,1}^{1,1}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{1,1}(f) & \cdots & C_{L,0}^{1,1}(f) & \cdots & C_{L,L}^{1,1}(f) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{0,0}^{L',-L'}(f) & C_{1,-1}^{L',-L'}(f) & C_{1,0}^{L',-L'}(f) & C_{1,1}^{L',-L'}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{L',-L'}(f) & \cdots & C_{L,0}^{L',-L'}(f) & \cdots & C_{L,L}^{L',-L'}(f) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{0,0}^{L',0}(f) & C_{1,-1}^{L',0}(f) & C_{1,0}^{L',0}(f) & C_{1,1}^{L',0}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{L',0}(f) & \cdots & C_{L,0}^{L',0}(f) & \cdots & C_{L,L}^{L',0}(f) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{0,0}^{L',L'}(f) & C_{1,-1}^{L',L'}(f) & C_{1,0}^{L',L'}(f) & C_{1,1}^{L',L'}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{L',L'}(f) & \cdots & C_{L,0}^{L',L'}(f) & \cdots & C_{L,L}^{L',L'}(f) \end{bmatrix}$$

然后在失真子步骤 50 期间,作为整体确定代表处理操作的滤波组合 $F_{l,m}^{f,m'}(f)$, 其对应的一个优化操作, 确定一组滤波组合用于以可能的最好方式证实失真对以及 $F_{l,m}^{f,m'}(f)$ 和 $C_{l,m}^{f,m'}(f)$ 之间的相似性。

能够通过一些方法例如梯度下降或矩阵倒置法来实现优化, 并且

确定来对被认为生成初始声场的虚拟音源进行各种修改，这不是由失真对所直接规定的。

例如，由失真对所定义的修改操作对邻近于直接目标部分的各部分进行内插操作，以便获取滤波组合，其结果是失真对的直接目标部分周围的声场的初始表现被渐进性修改。

所描述的实施例使用一个矩阵倒置法，它的结果是在子步骤 50 期间根据以下关系确定一个矩阵 F ：

$$F = ((1-\lambda)C + \lambda H^T H^T) ((1-\lambda)I + \lambda H H^T)^{-1}$$

其中 I 表示大小为 $(L+1)^2$ 的单位矩阵。

当 λ 等于 1 和 $N \leq (L+1)^2$ 时，矩阵 F 由下式给出：

$$F = C + (H^T - C H) (H^T H)^{-1} H^T$$

在矩阵 F 中，系数 $F_{l,m}^{l',m'}(f)$ 用以下方式组织：

$$\begin{bmatrix} F_{0,0}^{0,0}(f) & F_{1,-1}^{0,0}(f) & F_{1,0}^{0,0}(f) & F_{1,1}^{0,0}(f) & \dots & F_{L,-L}^{0,0}(f) & \dots & F_{L,0}^{0,0}(f) & \dots & F_{L,L}^{0,0}(f) \\ F_{0,0}^{1,-1}(f) & F_{1,-1}^{1,-1}(f) & F_{1,0}^{1,-1}(f) & F_{1,1}^{1,-1}(f) & \dots & F_{L,-L}^{1,-1}(f) & \dots & F_{L,0}^{1,-1}(f) & \dots & F_{L,L}^{1,-1}(f) \\ F_{0,0}^{1,0}(f) & F_{1,-1}^{1,0}(f) & F_{1,0}^{1,0}(f) & F_{1,1}^{1,0}(f) & \dots & F_{L,-L}^{1,0}(f) & \dots & F_{L,0}^{1,0}(f) & \dots & F_{L,L}^{1,0}(f) \\ F_{0,0}^{1,1}(f) & F_{1,-1}^{1,1}(f) & F_{1,0}^{1,1}(f) & F_{1,1}^{1,1}(f) & \dots & F_{L,-L}^{1,1}(f) & \dots & F_{L,0}^{1,1}(f) & \dots & F_{L,L}^{1,1}(f) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{0,0}^{L',-L'}(f) & F_{1,-1}^{L',-L'}(f) & F_{1,0}^{L',-L'}(f) & F_{1,1}^{L',-L'}(f) & \dots & F_{L,-L}^{L',-L'}(f) & \dots & F_{L,0}^{L',-L'}(f) & \dots & F_{L,L}^{L',-L'}(f) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{0,0}^{L',0}(f) & F_{1,-1}^{L',0}(f) & F_{1,0}^{L',0}(f) & F_{1,1}^{L',0}(f) & \dots & F_{L,-L}^{L',0}(f) & \dots & F_{L,0}^{L',0}(f) & \dots & F_{L,L}^{L',0}(f) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{0,0}^{L',L'}(f) & F_{1,-1}^{L',L'}(f) & F_{1,0}^{L',L'}(f) & F_{1,1}^{L',L'}(f) & \dots & F_{L,-L}^{L',L'}(f) & \dots & F_{L,0}^{L',L'}(f) & \dots & F_{L,L}^{L',L'}(f) \end{bmatrix}$$

当然，根据所用内插法，此优化步骤可能涉及在失真对的直接目标部分与相邻部分之间的修改中的渐进的或突然的改变。

随后，在子步骤 32 期间，滤波组合 $F_{l,m}^{l',m'}(f)$ 被可选地转换，并在步骤 10 期间被应用，如同参照图 3 和 4 所描述的。

优选地，连续地应用数个失真处理，因此该方法包括多个失真子步骤 50，它们是彼此递归的，以使每个子步骤 50 作为正常处理，接收一个由先前子步骤所提供的滤波组合，用作输入。

当参数 λ 等于 0 时，不应用失真，而在计算子步骤 30 期间所确定的滤波组合直接对应于代表该处理的滤波组合。如此参数化后，此实施例对应于参照图 3 和 4 所描述的第一实施例。

在另一个实施例中，只应用失真，只根据以下关系通过失真对确定滤波组合：

-如果 $N \leq (L+1)^2$ ：

$$\text{则 } F = I + (H' - H)(H^T H)^{-1} H^T$$

-如果 $N \geq (L+1)^2$ ：

$$\text{则 } F = H' H^T (H H^T)^{-1}$$

在这些等式中，这些矩阵 H 和 H' 被如上所描述地确定。在此情况下，不使用矩阵 C 和不执行子步骤 30。因此，步骤 2 只包括失真子步骤 50。

此实施例是当 λ 等于 1 和正常处理是中性处理时所描述的实施例的简化。

因此显然，由于使用一组代表处理操作的并以一组对应于这些函数在球形谐波基础上分解的系数的形式表现的方向性函数，本发明的方法允许对具有高精度水平的声场表现应用非常广泛的处理操作。

当所应用的处理能被分为多个元素性处理操作例如以上所述操作时，作为整体，可以通过将对应于多个处理操作中的每一个的矩阵实行矩阵乘法操作，也即通过将由计算子步骤 30 和/或失真子步骤 50 所提供的滤波组合加以排列，从而获得处理操作的滤波组合。

因此将此处理操作重复多次，每次的结果与前次结果进行组合。

图 6 显示适用于实施本发明的设备的框图。

设备 60 至少允许对声场表现进行空间处理，以便提供一个至少由空间处理所修改的表现。

设备 60 包括用于定义处理的装置 61，用于实施本发明方法的步骤 2。这些装置 61 包括用于建立一组代表该处理的方向性函数的装置，其形式是对应于这些方向性函数在球形谐波基础上分解的一组系数。

优选地，这些装置包括一个模块 62，供操作人员从一个存储器或一个外部设备直接获取设备 60 的操作数据，具体地允许直接确定该组方向性函数。

例如，获取模块 62 由一个键盘或一个与外部设备的接口组成，

该键盘允许直接获取数据，而该接口直接提供为实施本发明方法所需数据。

模块 62 也可用于输入一条处理指令，以及装置 61 也包括一个模块 64，用于自动地解释该指令，从而为设备 60 提供操作数据，具体地是该组方向性函数。

通过用于获取的模块 62 和/或用于解释的模块 64 所输入的数据也可具有不同预定格式，以及设备 60 包括一个模块 66，用于在预定格式和为实施本发明方法所选格式之间转换数据。

具体地，模块 66 允许将该组方向性函数从多个格式中的一个或其它格式转换为对应于它们在球形谐波基础上分解的一组系数。

因此，这些模块 62、64 和 66 允许实施本发明的步骤 4 和步骤 20，以便以对应于这些函数在球形谐波基础上分解的各系数的形式提供代表处理操作的一组方向性函数。

当设备 60 用于执行失真处理时，模块 62、64 和 66 提供用于形成失真对的方向性函数。

模块 62、64 和 66 还允许确定为实施本发明方法所需的一组参数的全部或一部分。

具体地，这些模块 62、64 和 66 允许决定以下参数的全部或某一部分：

- 参数 L ，用于规定本方法操作的限制顺序和对应于所需算术精度限制；
- 一个参数 S ，用于决定将要实现的处理操作的性质；
- 一组标以 $c_{l,m,l',m'}^{f,m''}$ 的常量的全部或一部分，用于形成加权系数和被定义为处理操作性质的函数；及
- 参数 λ ，用于规定将要实现的失真的幅值。

优选地，设备 60 包括一个存储器，允许将这些参数的全部或某一部分尤其是该组常量存储起来。例如，这一存储器包括多组常量，每组对应于一个处理操作，所用的一组常量是从多个作为代表处理操作的参数 S 的函数中选出的。

替代地，用于定义处理操作的装置 61 包括一个计算模块，适用于确定作为代表处理操作本质的参数 S 的函数的该组常量的全部或一部分。

所有这些操作数据被引入用于确定滤波组合的装置 70 中，装置 70 被包括于用于定义处理操作的装置 61 中，并适用于实施本方法的步骤 6。装置 70 包括一个模块 72，用于为实施本方法的计算子步骤 30 而应用线性组合来进行计算。模块 72 接收该组方向性函数作为输入，以便提供滤波组合，这是通过将对应于代表处理操作的各组方向性函数在球形谐波基础上的分解的各系数实行线性组合所得的滤波组合。

优选地，由模块 62、64 和 66 所提供的各常量形成加权系数并用作模块 72 中的线性组合系数。

当设备 60 也使用失真处理时，它还包括一个用于失真的模块 74，把由模块 72 所提供的线性组合进行修改，实施本方法的子步骤 50。此模块接收代表将要应用的失真的失真对以及代表如上所述地描述的失真效果的参数 λ 作为输入。

当只应用失真时，模块 72 不参加该设备的工作而只需要失真模块 74。

因此，装置 70 提供对应于代表将要应用的处理的滤波组合的一组系数。

可选地，这些滤波组合被引入一个转换模块 76，适用于通过实施如上所述的方法的子步骤 32 而从滤波组合中提供滤波器参数。

可将这些滤波器参数或者直接将滤波组合应用于滤波装置 80，它实施本方法的步骤 10 并接收声场初始表现作为输入，其形式是在时间上和在三维空间内代表该声场的一组系数，从而应用所确定的滤波器来提供对应于由上述决定的处理所修改的初始声场的一个修改表现。

例如，滤波装置 80 是数字滤波装置，由一个信号处理-处理器应用于一个初始声场的数字表现上。

在另一个实施例中，这些滤波装置是增益控制的模拟滤波装置，

应用于声场的模拟表现，其形式是每个对应于声场的初始表现系数的一组信号。

例如，设备 60 可具有计算机的形式，配备有用于计算的软件装置和用于获取和再现的硬件装置，从而允许使用数据输入装置 62，以及获取声场的初始表现和输出该声场的修改表现，设备 60 的不同元件由软件装置和硬件装置的组合所形成。

在其它实施例中，设备 60 对应于一个特定获取卡，专用于音响处理性能，或者具有只用于实施这些功能而编程的部件的形式。

优选地，设备 60 被集成在一个音响系统中，它包括用于获取声场的装置和用于表现该声场的装置，该声场所具有的形式是在时间上和在三维空间内的一组系数，用于提供该声场的初始表现。这一系统还包括一个由控制装置进行控制的再现单元，该控制装置接收声场的修改表现作为输入并控制一个再现单元，从而获取该修改声场的再现。

图1

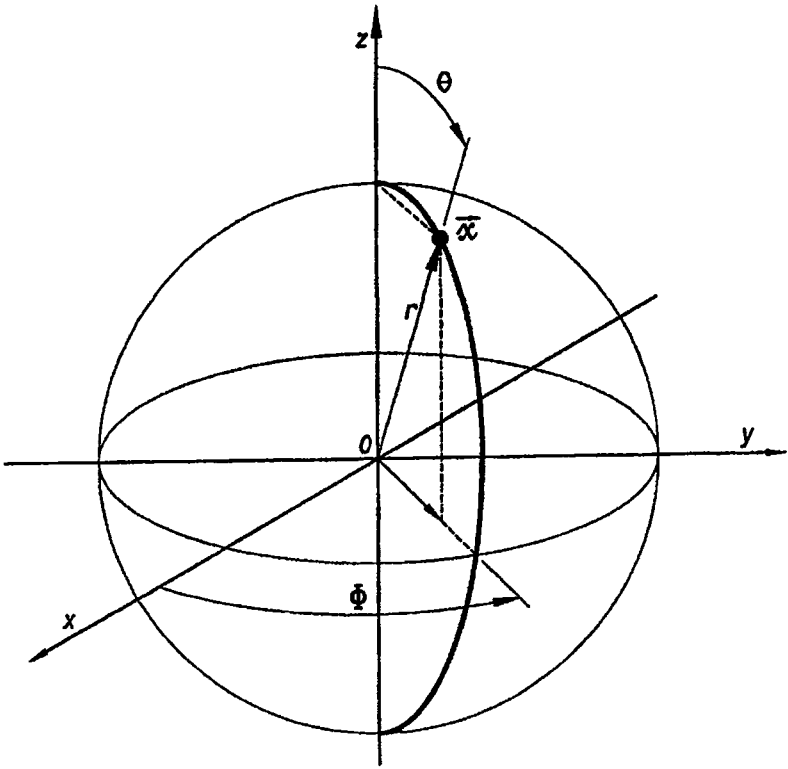


图 2

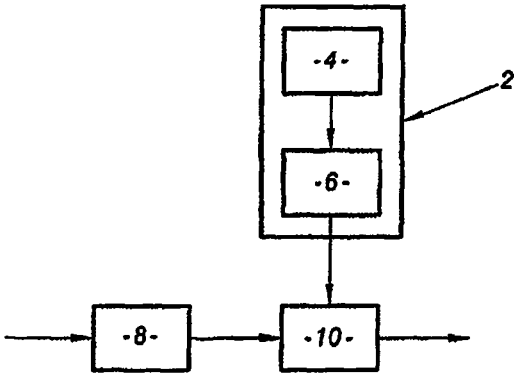


图 3

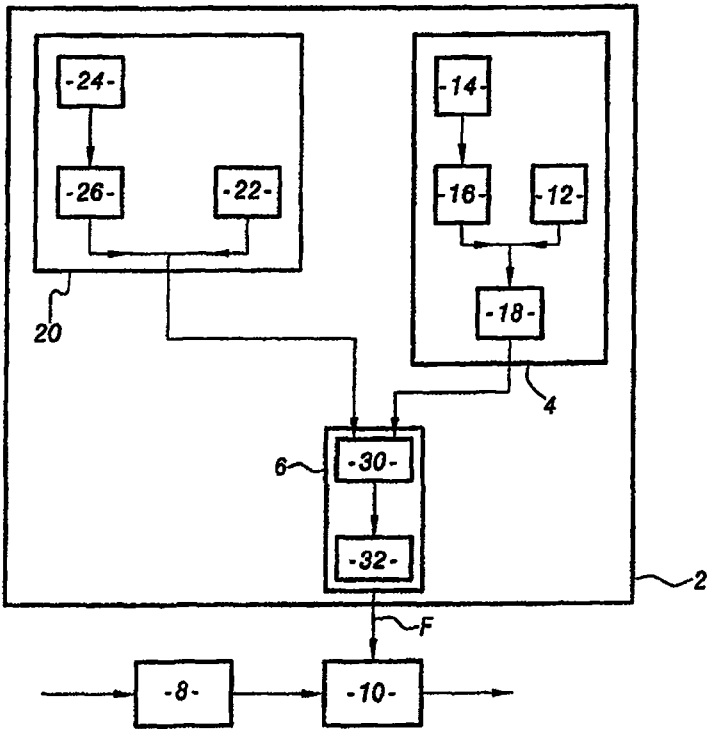


图 4

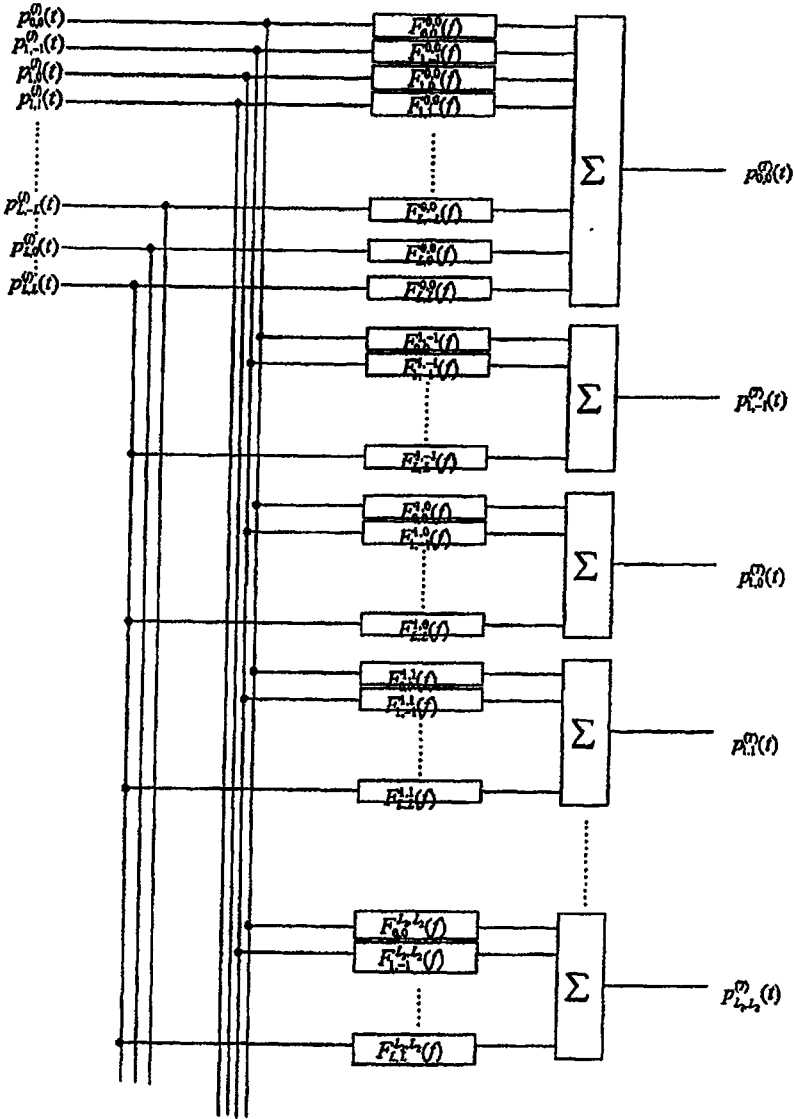


图5

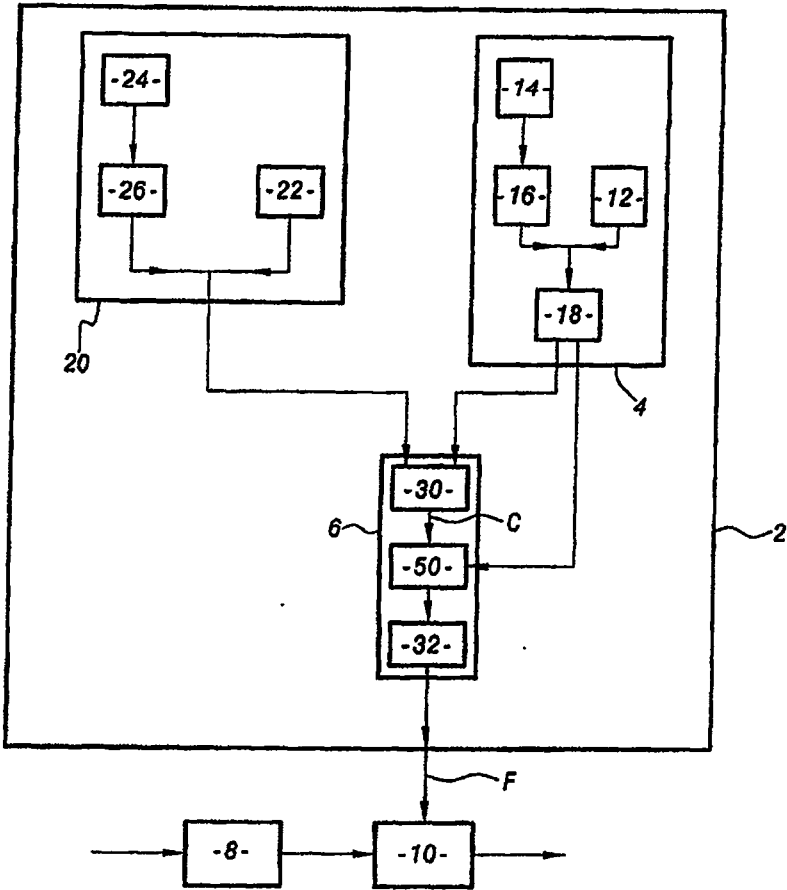


图6

