



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103733256 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 16

(21) 申请号 201280038627. 5

代理人 苏银虹 孙昌浩

(22) 申请日 2012. 06. 07

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G10L 19/008 (2013. 01)

61/494, 050 2011. 06. 07 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 02. 07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2012/004508 2012. 06. 07

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/169808 KO 2012. 12. 13

(71) 申请人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道水原市

(72) 发明人 李男淑

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限

公司 11286

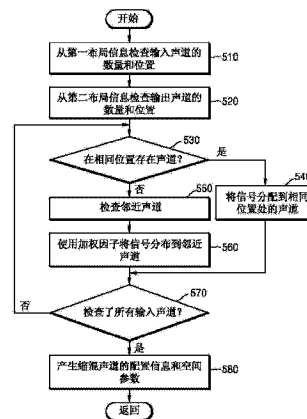
权利要求书1页 说明书14页 附图13页

(54) 发明名称

音频信号处理方法、音频编码设备、音频解码设备和采用所述方法的终端

(57) 摘要

一种音频信号处理方法包括：当第一多个输入声道被缩混为第二多个输出声道时，对第一多个输入声道的位置与第二多个输出声道的位置进行比较；将第一多个输入声道中的具有与第二多个输出声道的位置相同的位置的声道缩混到第二多个输出声道中的在相同位置处的声道；搜索第一多个输入声道中的剩余的声道中的每个声道的至少一个邻近声道；考虑声道之间的距离、信号之间的相关性和恢复期间的误差中的至少一个，来确定搜索到的邻近声道的加权因子；基于确定的加权因子将第一多个输入声道中的剩余的声道中的每个声道缩混到所述邻近声道。



1. 一种音频信号处理方法,包括:

当第一多个输入声道被缩混为第二多个输出声道时,对第一多个输入声道的位置与第二多个输出声道的位置进行比较;

将第一多个输入声道中的具有与第二多个输出声道的位置相同的位置的声道缩混到第二多个输出声道中的在相同位置处的声道;

搜索第一多个输入声道中的剩余的声道中的每个声道的至少一个邻近声道;

考虑声道之间的距离、信号之间的相关性和恢复期间的误差中的至少一个,来确定搜索到的邻近声道的加权因子;

基于确定的加权因子将第一多个输入声道中的剩余的声道中的每个声道缩混到所述邻近声道。

## 音频信号处理方法、音频编码设备、音频解码设备和采用所述方法的终端

### 技术领域

[0001] 与示例性实施例一致的设备和方法涉及音频编码 / 解码, 更具体地讲, 涉及一种能够在多声道音频信号被恢复时使声音质量的恶化最小化的音频信号处理方法、音频编码设备、音频解码设备和采用所述方法的终端。

### 背景技术

[0002] 最近, 随着多媒体内容的普及, 用户期望体验相对逼真和丰富的声源环境的需求已增加。为了满足用户的这些需求, 已积极地进行多声道音频的研究。

[0003] 多声道音频信号根据传输环境需要高效的数据压缩率。具体地讲, 空间参数用于恢复多声道音频信号。在提取空间参数的处理中, 由于混响信号的影响会发生失真。随后, 当多声道音频信号被恢复时, 会发生声音质量的恶化。

[0004] 因此, 需要能够减少或去除在使用空间参数恢复多声道音频信号时会发生的声音质量的恶化的多声道音频编解码器技术。

### 发明内容

[0005] 技术问题

[0006] 一个或多个示例性实施例的多方面提供能够在多声道音频信号被恢复时使声音质量的恶化最小化的音频信号处理方法、音频编码设备、音频解码设备和采用所述方法的终端。

[0007] 解决方案

[0008] 根据一个或多个示例性实施例的一方面, 提供一种音频信号处理方法, 包括: 当第一多个输入声道被缩混(down-mix)为第二多个输出声道时, 对第一多个输入声道的位置与第二多个输出声道的位置进行比较; 将第一多个输入声道中的具有与第二多个输出声道的位置相同的位置的声道缩混到第二多个输出声道中的在相同位置处的声道; 搜索第一多个输入声道中的剩余的声道中的每个声道的至少一个邻近声道; 考虑声道之间的距离、信号之间的相关性和恢复期间的误差中的至少一个, 来确定搜索到的邻近声道的加权因子; 基于确定的加权因子, 将第一多个输入声道中的剩余的声道中的每个声道缩混到所述邻近声道。

### 附图说明

[0009] 图 1 是根据示例性实施例的音频信号处理系统的框图;

[0010] 图 2 是根据示例性实施例的音频编码设备的框图;

[0011] 图 3 是根据示例性实施例的音频解码设备的框图;

[0012] 图 4 示出根据示例性实施例的 10.2 声道音频信号和 5.1 声道音频信号之间的声道匹配;

- [0013] 图 5 是根据示例性实施例的缩混方法的流程图；
- [0014] 图 6 是根据示例性实施例的增混(up-mix)方法的流程图；
- [0015] 图 7 是根据示例性实施例的空间参数编码设备的框图；
- [0016] 图 8a 和图 8b 示出根据针对缩混声道的每个帧的频带中的能量值的可变量化步长；
- [0017] 图 9 是示出针对整个声道的频谱数据的按照频带的能量分布的曲线图；
- [0018] 图 10a 至图 10c 是示出通过改变阈值调整的总比特率的曲线图；
- [0019] 图 11 是根据示例性实施例的产生空间参数的方法的流程图；
- [0020] 图 12 是根据另一示例性实施例的产生空间参数的方法的流程图；
- [0021] 图 13 是根据示例性实施例的音频信号处理方法的流程图；
- [0022] 图 14a 至图 14c 示出用于描述图 11 的操作 1110 或图 13 的操作 1330 的示例；
- [0023] 图 15 示出用于描述图 11 的操作 1110 或图 13 的操作 1330 的另一示例；
- [0024] 图 16a 至图 16d 示出用于描述图 11 的操作 1110 或图 13 的操作 1330 的另一示例；
- [0025] 图 17 是示出角度参数的总和的曲线图；
- [0026] 图 18 用于描述根据示例性实施例的角度参数的计算；
- [0027] 图 19 是根据示例性实施例的集成多声道编解码器和核心编解码器的音频信号处理系统的框图；
- [0028] 图 20 是根据示例性实施例的音频编码设备的框图；
- [0029] 图 21 是根据示例性实施例的音频解码设备的框图。

### 具体实施方式

[0030] 本发明可允许各种改变或修改以及形式上的各种改变,特定实施例将被示出在附图中并在说明书中被详细描述。然而,应理解特定实施例不将本发明限制为特定公开形式而是包括本发明的精神和技术范围内的所有修改的、等同的或替代的实施例。在以下描述中,将不详细描述公知的功能或构造,以免使用不必要的细节来模糊本发明。

[0031] 尽管诸如“第一”和“第二”的术语可用于描述各种元件,但所述元件不能被所述术语限制。所述术语可用于将特定元件与另一元件分开。

[0032] 在本发明中使用的术语仅用于描述特定实施例,而不具有任何限制本发明的意图。尽管在考虑在本发明中的功能的同时尽可能将当前广泛使用的通用术语选作在本发明中使用的术语,但它们可根据本领域的普通技术人员的意图、司法先例或新技术的出现而改变。另外,在特定情况下,可使用由申请人有意地选择的术语,在这种情况下,将在本发明的相应描述中公开这些术语的含义。因此,在本发明中使用的术语不应由术语的简单名称来定义,而应由术语的含义和整个本发明构思中的内容来定义。

[0033] 除非上下文清楚地另有所指,否则单数形式意在包括复数形式。在本发明中,应理解,诸如“包括”和“具有”的术语用于指示存在实现的特征、数字、步骤、操作、元件、部件或它们的组合,而不预先排除存在或添加一个或多个其他特征、数字、步骤、操作、元件、部件或它们的组合的可能性。

[0034] 现将参图示出本发明的示例性实施例的附图来更全面地描述本发明。附图中的相

同的标号表示相同的元件,因此将省略它们的重复的描述。

[0035] 图 1 是根据示例性实施例的音频信号处理系统 100 的框图。音频信号处理系统 100 与多媒体装置相应,并可包括电话、移动电话等的语音通信专用终端、包括 TV、MP3 播放器等的广播或音乐专用终端、或语音通信专用终端和广播或音乐专用终端的混合型终端,但不限于此。音频信号处理系统 100 可用作客户机、服务器或布置在客户机和服务器之间的换能器。

[0036] 参照图 1,音频信号处理系统 100 包括编码设备 110 和解码设备 120。根据示例性实施例,音频信号处理系统 100 可包括编码设备 110 和解码设备 120 两者,根据另一示例性实施例,音频信号处理系统 100 可包括编码设备 110 和解码设备 120 中的任何一个。

[0037] 编码设备 110 接收使用多个声道形成的原始信号(即,多声道音频信号),并通过对原始信号进行缩混来产生缩混的音频信号。编码设备 110 产生预测参数并对预测参数进行编码。预测参数被应用于从缩混的音频信号恢复原始信号。详细地,预测参数是与用于对原始信号进行缩混的缩混矩阵关联的值、包括在缩混矩阵中的每个系数值等。例如,预测参数可包括空间参数。预测参数可根据编码设备 110 或解码设备 120 的产品规格、设计规格等而变化,并可被设置为通过实验优化的值。这里,声道可指示扬声器。

[0038] 解码设备 120 通过使用预测参数对缩混的音频信号进行增混来产生与原始信号相应的恢复信号(即,多声道音频信号)。

[0039] 图 2 是根据示例性实施例的音频编码设备 200 的框图。

[0040] 参照图 2,音频编码设备 200 可包括缩混单元 210、边信息产生单元 220 和编码单元 230。所述组件可被集成为至少一个模块,并被实现为至少一个处理器(未示出)。

[0041] 缩混单元 210 接收 N 声道音频信号并对接收的 N 声道音频信号进行缩混。缩混单元 210 可通过对 N 声道音频信号进行缩混来产生单声道音频信号或 M 声道音频信号( $M < N$ )。例如,缩混单元 210 可通过对 10.2- 声道音频信号进行缩混来产生三声道音频信号或六声道音频信号,以便与 2.1- 声道音频信号或 5.1- 声道音频信号相应。

[0042] 根据示例性实施例,缩混单元 210 通过选择 N 声道中的两个声道并对选择的两个声道进行缩混来产生第一单声道,并通过对产生的第一单声道和另一声道进行缩混来产生第二单声道。可通过重复对作为缩混结果而产生的单声道和另一声道进行缩混的处理来产生最终的单声道音频信号或 M 声道音频信号。

[0043] 为了在使熵最小化的同时对 N 声道音频信号进行缩混,优选的是相似的声道被缩混。因此,缩混单元 210 可通过对在声道之间具有高相关性的声道进行缩混来以相对高的压缩率对多声道音频信号进行缩混。

[0044] 边信息产生单元 220 产生从缩混的声道恢复多声道所需的边信息。每当缩混单元 210 依次对多声道进行缩混时,边信息产生单元 220 产生从缩混的声道恢复多声道所需的边信息。此时,边信息产生单元 220 可产生用于确定将被缩混的两个声道的强度的信息和用于确定这两个声道的相位的信息。

[0045] 另外,每当缩混被执行时,边信息产生单元 220 产生指示哪些声道已被缩混的信息。当声道以基于相关性计算的顺序而不是固定的顺序被缩混时,边信息产生单元 220 可产生声道的缩混顺序作为边信息。

[0046] 每当缩混被执行时,边信息产生单元 220 重复产生将缩混的声道恢复到单声道所

需的信息。例如,如果通过对 12 声道依次进行缩混 11 次来产生单声道,则产生 11 次关于缩混顺序的信息、用于确定声道的强度的信息和用于确定声道的相位的信息。根据示例性实施例,当针对多个频带中的每个频带产生用于确定声道的强度的信息和用于确定声道的相位的信息时,如果频带的数量是  $k$ ,则可产生  $11 \times k$  条用于确定声道的强度的信息,并可产生  $11 \times k$  条用于确定声道的相位的信息。

[0047] 编码单元 230 可对由缩混单元 210 进行缩混并产生的单声道音频信号或  $M$  声道音频信号进行编码。如果从缩混单元 210 输出的音频信号是模拟信号,则将模拟信号转换为数字信号,并且根据预定算法对符号进行编码。编码算法不限,并且用于通过对音频信号进行编码来产生比特流的所有算法可用于编码单元 230。另外,编码单元 230 可对由边信息产生单元 220 产生的用于从单声道音频信号恢复多声道音频信号的边信息进行编码。

[0048] 图 3 是根据示例性实施例的音频解码设备 300 的框图。

[0049] 参照图 3,音频解码设备 300 可包括提取单元 310、解码单元 320、增混单元 330。所述组件可被集成为至少一个模块,并被实现为至少一个处理器(未示出)。

[0050] 提取单元 310 从接收的音频数据(即,比特流)提取编码的音频和编码的边信息。可通过将  $N$  个声道缩混到单声道或  $M$  个声道( $M < N$ )并根据预定算法对音频信号进行编码来产生编码的音频。

[0051] 解码单元 320 对由提取单元 310 提取的编码的音频和编码的边信息进行解码。在这种情况下,解码单元 320 通过使用与用于进行编码的算法相同的算法来对编码的音频和编码的边信息进行解码。作为音频解码的结果,单声道音频信号或  $M$  声道音频信号被恢复。

[0052] 增混单元 330 通过对由解码单元 320 解码的音频信号进行增混来恢复在缩混之前的  $N$  声道音频信号。此时,增混单元 330 基于由解码单元 320 解码的边信息恢复  $N$  声道音频信号。

[0053] 也就是说,增混单元 330 通过参考边信息(即,空间参数)反向执行缩混处理来将缩混的音频信号增混到多声道音频信号。此时,通过参考包括关于声道的缩混顺序的信息的边信息来从单声道依次分离声道。可通过根据用于确定已被缩混的声道的强度和相位的信息来确定已被缩混的声道的强度和相位,来从单声道依次分离声道。

[0054] 图 4 示出根据示例性实施例的 10.2-声道音频信号 410 和 5.1-声道音频信号 420 之间的声道匹配。

[0055] 当输入的多声道音频信号是 10.2-声道音频信号时,被缩混到比 10.2 声道更少数量的声道的多声道音频信号(诸如,7.1-声道音频信号、5.1-声道音频信号或 2.0 声道音频信号)可用作输出的多声道音频信号。

[0056] 如图 4 中所示,当 10.2-声道音频信号 410 被缩混到 5.1-声道音频信号 420 时,如果 5.1 声道中的 FL 声道和 RL 声道被确认为 10.2 声道中的 LW 声道的邻近声道,则可考虑位置、相关性或恢复期间的误差来确定 FL 声道和 RL 声道的加权因子。根据示例性实施例,如果确定 FL 声道的加权因子是 0 并且 RL 声道的加权因子是 1,则 10.2 声道中的 LW 声道的声道信号可被缩混到 5.1 声道中的 RL 声道。

[0057] 另外,10.2 声道中的 L 声道和 Ls 声道可分别被分配到在相同位置处的 5.1 声道中的 FL 声道和 RL 声道。

[0058] 图 5 是根据示例性实施例的缩混方法的流程图。

[0059] 参照图 5, 在操作 510, 从第一布局信息检查输入声道的数量和位置。例如, 第一布局信息是 IC (1)、IC (2)、...、IC (N), 并且可从第一布局信息检查 N 个输入声道的位置。

[0060] 在操作 520, 从第二布局信息检查缩混的声道(即, 输出声道)的数量和位置。例如, 第二布局信息时 DC (1)、DC (2)、...、DC (N), 可从第二布局信息检查 M 个输出声道的位置 ( $M < N$ )。

[0061] 在操作 530, 从输入声道的第一声道 IC (1) 开始确定在输入声道和输出声道中是否存在具有相同的输出位置的声道。

[0062] 在操作 540, 如果在输入声道和输出声道中存在具有相同的输出位置的声道, 则将相应的输入声道的声道信号分配到相同位置处的输出声道。例如, 如果输入声道 IC (n) 和输出声道 DC (m) 的输出位置相同, 则 DC (m) 可以是  $DC (m) + IC (n)$ 。

[0063] 在操作 550, 如果在输入声道和输出声道中不存在具有相同的输出位置的声道, 则从输入声道的第一声道 IC (1) 开始确定输出声道中是否存在与输入声道 IC (n) 邻近的声道。

[0064] 在操作 560, 如果在操作 550 确定存在多个邻近声道, 则通过使用与多个邻近声道中的每个邻近声道相应的预定加权因子来将输入声道 IC (n) 的声道信号分布到多个邻近声道中的每个邻近声道。例如, 如果确定输出声道的 DC (i)、DC (j) 和 DC (k) 是输入声道 IC (n) 的邻近声道, 则加权因子  $w_i$ ,  $w_j$  和  $w_k$  可分别被设置用于输入声道 IC (n) 和输出声道 DC (i)、输入声道 IC (n) 和输出声道 DC (j) 以及输入声道 IC (n) 和输出声道 DC (k)。可通过使用设置的加权因子  $w_i$ ,  $w_j$  和  $w_k$  将输入声道 IC (n) 的声道信号分布为  $DC(i) = DC(i) + w_i \times IC(n)$ 、 $DC(j) = DC(j) + w_j \times IC(n)$ 、以及  $DC(k) = DC(k) + w_k \times IC(n)$ 。

[0065] 可通过下述方法设置加权因子。

[0066] 根据示例性实施例, 可根据多个邻近声道与输入声道 IC (n) 之间的关系确定加权因子。关于多个邻近声道和输入声道 IC (n) 之间的关系, 多个邻近声道与输入声道 IC (n) 之间的声道长度、多个邻近声道中的每个邻近声道的声道信号与输入声道 IC (n) 的声道信号之间的相关性以及多个邻近声道的恢复期间的误差中的至少一个可被应用。

[0067] 根据另一示例性实施例, 加权因子可根据多个邻近声道与输入声道 IC (n) 之间的关系被确定为 0 或 1。例如, 可将多个邻近声道中的与输入声道 IC (n) 最接近的邻近声道确定为 1, 并可将剩余的邻近声道确定为 0。可选择地, 可将具有多个邻近声道的声道信号中的与输入声道 IC (n) 的声道信号具有最高相关性的声道信号的邻近声道确定为 1, 并可将剩余的邻近声道确定为 0。可选择地, 可将多个邻近声道中的在恢复期间具有最少误差的邻近声道确定为 1, 并将剩余的邻近声道确定为 0。

[0068] 在操作 570, 确定是否已检查所有的输入声道, 并且如果没有检查所有输入声道, 则方法进行到操作 530 以重复操作 530 至操作 560。

[0069] 在操作 580, 如果已检查所有输入声道, 则最终产生具有在操作 540 分配的信号和在操作 560 分布的信号的缩混的声道的配置信息和相应的空间参数。

[0070] 可以以声道、帧、频带或频谱为单位执行根据示例性实施例的缩混方法, 因此, 可根据环境调整性能提高的精确度。在此, 频带是对音频频谱的采样点进行分组的单位, 并可通过反映阈值频带具有均匀长度或非均匀长度。在非均匀长度的情况下, 一个帧可被设置为使得包括在每个频带中的采样点的数量从开始采样点到最后采样点渐渐增加。如果支持

多比特率,则可将包括在与不同的比特率相应的每个频带中的采样点的数量设置为相同。可预先确定包括在一个帧或一个频带中的采样点的数量。

[0071] 在根据示例性实施例的缩混方法中,可与缩混的声道的布局和输入声道的布局相应地确定用于声道缩混的加权因子。因此,缩混方法可适应性地处理各种布局,可考虑声道的位置、声道信号之间的相关性或恢复期间的误差来确定加权因子,从而提高声音质量。另外,考虑声道的位置、声道信号之间的相关性或恢复期间的误差来缩混的声道被配置,因此,如果音频解码设备具有与缩混的声道的数量相同的声道,则即使用户在没有单独的增混处理的情况下仅听到缩混的声道,用户也无法识别主观的声音质量的恶化。

[0072] 图 6 是根据示例性实施例的增混方法的流程图。

[0073] 参照图 6,在操作 610,接收通过如图 5 所示的处理产生的缩混声道的配置信息和相应的空间参数。

[0074] 在操作 620,通过使用在操作 610 接收的缩混的声道的配置信息和相应的空间参数对缩混的声道进行增混,来恢复输入声道音频信号。

[0075] 图 7 是根据示例性实施例的可包括在图 2 的编码单元 230 中的空间参数编码设备 700 的框图。

[0076] 参照图 7,空间参数编码设备 700 可包括能量计算单元 710、量化步长确定单元 720、量化单元 730 和复用单元 740。所示组件可被集成为至少一个模块并被实现为至少一个处理器(未示出)。

[0077] 能量计算单元 710 接收从缩混单元(参照图 2 的 210)提供的缩混的声道信号,并以声道、帧、频带或频谱为单位计算能量值。这里,能量值的示例可以是范数值。

[0078] 量化步长确定单元 720 通过使用从能量计算单元 710 提供的以声道、帧、频带或频谱为单位计算的能量值来确定量化步长。例如,对于具有大能量值的声道、帧、频带或频谱,量化步长可以小,对于具有小能量值的声道、帧、频带或频谱,量化步长可以大。在这种情况下,可设置两个量化步长,并且可根据将能量值与预定阈值进行比较的结果来选择两个量化步长之一。当与能量值的分布相应地适应性地分配量化步长时,可选择与能量值的分布匹配的量化步长。因此,可基于听觉的重要性来调整将分配用于量化的比特,从而提高声音质量。根据示例性实施例,可在保持根据每个缩混的声道的能量分布而分配的加权因子的同时,通过可变地改变阈值频率来调整总比特率。

[0079] 量化和无损编码单元 730 通过使用由量化步长确定单元 720 确定的量化步长以声道、帧、频带或频谱为单位对空间参数进行量化,并对量化的空间参数进行无损编码。

[0080] 复用单元 740 通过对无损编码的空间参数和无损编码的缩混的音频信号进行复用来产生比特流。

[0081] 图 8a 和图 8b 示出根据缩混的声道的每个帧的频带中的能量值的可变量化步长,其中,声道 1 和声道 2 被缩混,声道 3 和声道 4 被缩混。在图 8a 和图 8b 中, d0 表示声道 1 和声道 2 的缩混的声道的能量值, d1 表示声道 3 和声道 4 的缩混的声道的能量值。

[0082] 图 8a 和图 8b 指示设置了两个量化步长,阴影部分与具有等于或大于预定阈值的能量值的频带相应,因此,将小量化步长设置用于阴影部分。

[0083] 图 9 是示出针对整个声道的频谱数据的按照频带的能量分布的曲线图,图 10a 至图 10c 是示出在根据每个声道的能量值分配加权因子的情况下通过考虑能量分布改变阈



值频率调整的总比特率的曲线图。

[0084] 图 10a 示出基于初始阈值频率 100a, 对左边部分设置小量化步长(即, 小于阈值频率 100a 的低频区域 110a、120a 和 130a), 对右边部分设置大量化步长(即, 大于初始阈值频率 100a 的高频带 110b、120b 和 130b)的示例。图 10b 示出高于初始阈值频率 100a 的阈值频率 100b 用于增加设置了小量化步长的区域 140a、150a 和 160a 从而增加总比特率的示例。图 10c 示出低于初始阈值频率 100a 的阈值频率 100c 用于减少设置了小量化步长的区域 170a、180a 和 190a 从而减少总比特率的示例。

[0085] 图 11 是根据示例性实施例的可由图 2 的编码设备 200 执行的产生空间参数的方法的流程图。

[0086] 参照图 11, 在操作 1110, 产生 N 个角度参数。

[0087] 在操作 1120, 独立地对 N 个角度参数中的 (N-1) 个角度参数进行编码。

[0088] 在操作 1130, 从 (N-1) 角度参数预测剩余的一个角度参数。

[0089] 在操作 1140, 对预测的角度参数进行残差编码来产生剩余的一个角度参数的残差。

[0090] 图 12 是根据另一示例性实施例的可由图 3 的解码设备 200 执行的产生空间参数的方法的流程图。

[0091] 参照图 12, 在操作 1210, 接收 N 个角度参数中的 (N-1) 个角度参数。

[0092] 在操作 1220, 从 (N-1) 角度参数预测剩余的一个角度参数。

[0093] 在操作 1230, 通过添加预测的角度参数和残差来产生剩余的一个角度参数。

[0094] 图 13 是根据示例性实施例的音频信号处理方法的流程图。

[0095] 参照图 13, 在操作 1310, 对作为多声道信号的第一声道信号 ch1 至第 n 声道信号 chn 进行缩混。详细地, 可将第一声道信号 ch1 至第 n 声道信号 chn 缩混为一个单声道信号 DM。可由缩混单元 210 执行操作 1310。

[0096] 在操作 1320, 对第一声道信号 ch1 至第 n 声道信号 chn 中的 (n-1) 个声道信号进行相加, 或者对第一声道信号 ch1 至第 n 声道信号 chn 进行相加。详细地, 可对第一声道信号 ch1 至第 n 声道信号 chn 中的除参考声道信号以外的声道信号进行相加, 并且相加的信号成为第一相加信号。可选择地, 可对第一声道信号 ch1 至第 n 声道信号 chn 进行相加, 并且相加的信号成为第二相加信号。

[0097] 在操作 1330, 可使用作为在操作 1320 产生的信号的第一相加信号与参考声道信号之间的相关性来产生第一空间参数。可选择地, 在操作 1330, 代替产生第一空间参数, 可使用作为在操作 1320 产生的信号的第二相加信号与参考声道信号之间的相关性来产生第二空间参数。

[0098] 参考声道信号可以是第一声道信号 ch1 至第 n 声道信号 chn 中的每个声道信号。因此, 参考声道信号的数量可以是 n 并且可产生与 n 个参考声道信号相应的 n 个空间参数。

[0099] 因此, 操作 1330 还可包括通过将第一声道信号 ch1 至第 n 声道信号 chn 中的每个声道信号设置为参考声道信号来产生第一空间参数至第 n 空间参数。

[0100] 可由缩混单元 210 执行操作 1320 和 1330。

[0101] 在操作 1340, 在操作 1330 中产生的空间参数 SP 被编码和发送到解码设备(参照图 3 的 300)。另外, 在操作 1310 产生的单声道信号 DM 被编码和发送到解码设备(参照图 3 的

300)。详细地,编码的空间参数 SP 和编码的单声道信号 DM 可被包括在传输流 TS 中并被发送到解码设备(参照图 3 的 300)。包括在传输流 TS 中的空间参数 SP 指示包括第一空间参数至第 n 空间参数的空间参数集。

[0102] 操作 1340 可由编码设备(参照图 2 的 200)执行。

[0103] 图 14a 至图 14c 示出用于描述图 11 的操作 1110 或图 13 的操作 1330 的示例。在下文中,参照图 14a 至图 14c 详细描述产生第一相加信号和第一空间参数的操作。图 14a 至图 14c 示出多声道信号包括第一声道信号至第三声道信号 ch1、ch2 和 ch3 的情况。另外,图 14a 至图 14c 示出作为信号的和的信号的矢量和,其中,信号的和指示进行缩混,可使用各种缩混方法代替矢量和方法。

[0104] 图 14a 至图 14c 示出参考声道信号分别是第一声道信号 ch1、第二声道信号 ch2 和第三声道信号 ch3 的情况。

[0105] 参照图 14a,当参考声道信号是第一声道信号 ch1 时,边信息产生单元(参照图 2 的 220)通过对除参考声道信号以外的第二声道信号 ch2 和第三声道信号 ch3 进行相加(ch2+ch3)来产生相加信号 1410。其后,边信息产生单元(参照图 2 的 220)通过使用作为参考声道信号的第一声道信号 ch1 与相加信号 1410 之间的相关性(ch1, ch2+ch3)产生空间参数。空间参数包括指示参考声道信号与相加信号 1410 之间的相关性的信息以及指示参考声道信号和相加信号 1410 的相对信号幅度的信息。

[0106] 参照图 14b,当参考信号是第二声道信号 ch2 时,边信息产生单元(参照图 2 的 220)通过对除参考声道信号以外的第一声道信号 ch1 和第三声道信号 ch3 进行相加(ch1+ch3)来产生相加信号 1420。其后,边信息产生单元(参照图 2 的 220)通过使用作为参考声道信号的第二声道信号 ch2 与相加信号 1420 之间的相关性(ch2, ch1+ch3)产生空间参数。

[0107] 参照图 14c,当参考声道信号是第三声道信号 ch3 时,边信息产生单元(参照图 2 的 220)通过对除参考声道信号以外的第一声道信号 ch1 和第二声道信号 ch2 进行相加(ch1+ch2)来产生相加信号 1430。其后,边信息产生单元(参照图 2 的 220)通过使用作为参考声道信号的第三声道信号 ch3 与相加信号 1430 之间的相关性(ch3, ch1+ch2)产生空间参数。

[0108] 当多声道信号包括三个声道信号时,参考声道信号的数量是 3,并可产生三个空间参数。产生的空间参数由编码设备(参照图 2 的 200)编码,并经由网络(未示出)被发送到解码设备(参照图 3 的 300)。

[0109] 通过对第一声道信号至第三声道信号 ch1、ch2 和 ch3 进行缩混而获得的单声道信号 DM 与第一声道信号至第三声道信号 ch1、ch2 和 ch3 的相加信号相同,并可由  $Dm=ch1+ch2+ch3$  来表示。因此,关系  $ch1=DM-(ch2+ch3)$  有效。

[0110] 解码设备 300 对作为参照图 14a 至图 14c 描述的空间参数的第一空间参数进行接收和解码。解码设备(参照图 3 的 300)通过使用解码的单声道信号和解码的空间参数来恢复原始声道信号。如上所述,关系  $ch1=DM-(ch2+ch3)$  有效,参照图 14a 产生的空间参数可包括指示第一声道信号 ch1 和相加信号 1410(ch2+ch3)的相对幅度的参数以及指示第一声道信号 ch1 和相加信号 1410(ch2+ch3)之间的相似性的参数,因此,可通过使用参照图 14a 产生的空间参数和单声道信号 DM 来恢复第一声道信号 ch1 和相加信号 1410(ch2+ch3)。

以相同的方式,可通过分别使用参照图 14b 和图 14c 产生的空间参数,来恢复第二声道信号 ch2 和相加信号 1420 ( $ch1+ch3$ )、以及第三声道信号 ch3 和相加信号 1430 ( $ch1+ch2$ )。也就是说,增混单元(参照图 3 的 330)可恢复所有的第一声道信号至第三声道信号 ch1、ch2 和 ch3。

[0111] 图 15 示出用于描述图 11 的操作 1110 或图 13 的操作 1330 的另一示例。在下文中,参照图 15 详细描述产生第二相加信号和第二空间参数的操作。图 15 示出多声道信号包括第一声道信号至第三声道信号 ch1、ch2 和 ch3 的情况。另外,图 15 示出作为信号的和的信号的矢量和。

[0112] 参照图 15,第二相加信号是通过将第一声道信号至第三声道信号 ch1、ch2 和 ch3 相加而获得的信号,因此,通过将第三声道信号 ch3 与信号 1510 (信号 1510 通过将第一声道信号 ch1 和第二声道信号 ch2 相加而获得)相加而获得的信号 1520 ( $ch1+ch2+ch3$ )是第二相加信号。

[0113] 首先,产生在第一声道信号 ch1 作为参考声道信号的情况下第一声道信号 ch1 和第二相加信号 1520 之间的空间参数。详细地,可通过使用第一声道信号 ch1 和第二相加信号 1520 之间的相关性( $ch1, ch1+ch2+ch3$ )来产生包括第一参数和第二参数中的至少一个的空间参数。

[0114] 接下来,通过在第二声道信号 ch2 作为参考声道信号的情况下使用第二声道信号 ch2 和第二相加信号 1520 之间的相关性( $ch2, ch1+ch2+ch3$ )来产生空间参数。最终,通过在第三声道信号 ch3 作为参考声道信号的情况下使用第三声道信号 ch3 和第二相加信号 1520 之间的相关性( $ch3, ch1+ch2+ch3$ )来产生空间参数。

[0115] 解码设备(参照图 3 的 300)对作为参照图 15 描述的空间参数的第二空间参数进行接收和解码。其后,解码设备(参照图 3 的 300)通过使用解码的单声道信号和解码的空间参数来恢复原始声道信号。解码的单声道信号与将多个声道信号相加的信号( $ch1+ch2+ch3$ )相应。

[0116] 因此,可通过使用空间参数和解码的单声道信号来恢复第一声道信号 ch1,其中,使用第一声道信号 ch1 和第二相加信号 1520 之间的相关性( $ch1, ch1+ch2+ch3$ )来产生所述空间参数。类似地,可通过使用利用第二声道信号 ch2 和第二相加信号 1520 之间的相关性( $ch2, ch1+ch2+ch3$ )产生的空间参数,来恢复第二声道信号 ch2。另外,可通过使用利用第三声道信号 ch3 和第二相加信号 1520 之间的相关性( $ch3, ch1+ch2+ch3$ )产生的空间参数,来恢复第三声道信号 ch3。

[0117] 图 16a 至图 16d 示出用于描述图 11 的操作 1110 或图 13 的操作 1330 的另一示例。

[0118] 首先,在图 2 的编码设备 200 中,由边信息产生单元 220 产生的空间参数可包括作为第一参数的角度参数。角度参数是将信号幅度相关性指示为预定角度值的参数,其中,信号幅度相关性是作为第一声道信号 ch1 至第 n 声道信号 chn 中的任何一个声道信号的参考声道信号与第一声道信号 ch1 至第 n 声道信号 chn 中的除参考声道信号以外的剩余的声道信号之间的信号幅度相关性。角度参数可称为全局矢量角度(GVA)。另外,角度参数可以是将参考声道信号和第一相加信号的相对幅度表示为角度值的参数。

[0119] 边信息产生单元 220 可在第一声道信号 ch1 至第 n 声道信号 chn 中的每个声道信号作为参考声道信号的情况下产生第一角度参数至第 n 角度参数。在下文中,将在第 k 声

道信号  $ch_k$  作为参考声道信号的情况下产生的角度参数称为第  $k$  角度参数。

[0120] 图 16a 示出由编码设备接收的多声道信号包括第一声道信号至第三声道信号  $ch_1$ 、 $ch_2$  和  $ch_3$  的情况。图 16b、图 16c 和图 16d 示出参考声道信号分别是第一声道信号  $ch_1$ 、第二声道信号  $ch_2$  和第三声道信号  $ch_3$  的情况。

[0121] 参照图 16b, 当参考声道信号是第一声道信号  $ch_1$  时, 边信息产生单元(参照图 2 的 220) 对作为除参考声道信号以外的剩余的声道信号的第二声道信号  $ch_2$  和第三声道信号  $ch_3$  进行相加( $ch_2+ch_3$ ), 并获得作为相加信号 1620 和第一声道信号  $ch_1$  之间的角度参数的第一角度参数角度 1622。

[0122] 详细地, 可从通过将相加信号( $ch_2+ch_3$ ) 1620 的绝对值除以第一声道信号  $ch_1$  的绝对值而获得的值的反正切获得第一角度参数角度 11622。

[0123] 参照图 16c, 可从通过将相加信号( $ch_1+ch_3$ )1630 的绝对值除以第二声道信号  $ch_2$  的绝对值而获得的值的反正切获得在第二声道信号  $ch_2$  作为参考声道信号的情况下的第二角度参数角度 21632。

[0124] 参照图 16d, 可从通过将相加信号( $ch_1+ch_2$ )1640 的绝对值除以第三声道信号  $ch_3$  的绝对值而获得的值的反正切获得在第三声道信号  $ch_3$  作为参考声道信号的情况下的第三角度参数角度 31642。

[0125] 图 17 是示出角度参数的总和的曲线图, 其中,  $x$  轴指示角度值,  $y$  轴指示分布概率。另外, 在角度值中, 一个单位相应于 6 度。例如,  $x$  轴的值 30 指示 180 度。

[0126] 详细地, 在第一声道信号至第  $n$  声道信号中的每个声道信号作为参考声道信号的情况下计算的  $n$  个角度参数的总和收敛为预定值。收敛的预定值可根据  $n$  的值而变化并可通过仿真或实验来优化。例如, 当  $n$  为 3 时, 收敛的预定值可以是 180 度。

[0127] 参照图 17, 如图 17 所示, 当  $n$  为 3 时, 三个角度参数的总和收敛为约 30 单位(即, 约 180 度 1710)。图 14 的曲线图通过仿真或实验来获得。

[0128] 特殊地, 三个角度参数的总和可收敛为约 45 单位(即, 约 270 度 1720)。当由于所有三个声道信号是静音而每个角度参数具有 90 度的值时, 预定值可收敛为约 270 度 1720。在该特殊情况下, 如果三个角度参数中的任何一个的值被改变为 0, 则三个角度参数的总和被收敛为约 180 度 1710。当所有三个声道信号是静音时, 缩混的单声道信号也具有值 0, 并且即使单声道信号被增混和解码, 其结果也是 0。因此, 即使一个角度参数的值被改变为 0, 增混和解码的结果也不被改变, 因此, 即使三个角度参数中的任何一个被改变为 0 也无妨。

[0129] 图 18 用于描述根据示例性实施例的角度参数的计算, 其中, 多声道信号包括第一声道信号至第三声道信号  $ch_1$ 、 $ch_2$  和  $ch_3$ 。根据示例性实施例, 可产生空间参数, 所述空间参数包括第一角度参数至第  $n$  角度参数中的除第  $k$  角度参数以外的角度参数以及用于计算第  $k$  角度参数的第  $k$  角度参数的残差。

[0130] 参照图 18, 当第一声道信号  $ch_1$  是参考声道信号时, 对第一角度参数进行计算和编码, 将编码的第一角度参数包括在预定的比特区域 1810 中并将其发送到解码设备(参照图 3 的 300)。当第二声道信号  $ch_2$  是参考声道信号时, 对第二角度参数进行计算和编码, 将编码的第二角度参数包括在预定的比特区域 1830 中并将其发送到解码设备(参照图 3 的 300)。

[0131] 当第三角度参数是如上所述的第  $k$  角度参数时, 可如下获得第  $k$  角度参数的残差。

[0132] 由于  $n$  个角度参数的总和收敛为预定值,因此可通过从预定值减去  $n$  个角度参数中的除第  $k$  角度参数以外的角度参数的值来获得第  $k$  角度参数的值。详细地,当  $n$  为 3 时,如果不是所有的三个声道信号都是静音,则三个角度参数的总和收敛为约 180 度。因此,第三角度参数的值 = 180 度 - (第一角度参数的值 + 第二角度参数的值)。可使用第一角度参数至第三角度参数之间的相关性来预测第三角度参数。

[0133] 详细地,边信息产生单元(参照图 2 的 220)预测第一角度参数至第  $n$  角度参数中的第  $k$  角度参数的值。预定的比特区域 1870 指示包括第  $k$  角度参数的预测值的数据区域。

[0134] 其后,边信息产生单元(参照图 2 的 220)对第  $k$  角度参数的预测值与第  $k$  角度参数的原始值进行布局。预定的比特区域 1850 指示包括参照图 16d 计算的第三角度参数角度 31642 的值的的数据区域。

[0135] 其后,边信息产生单元(参照图 2 的 220)产生第  $k$  角度参数的预测值 1870 与第  $k$  角度参数的原始值 1850 之间的差作为第  $k$  角度参数的残差。预定的比特区域 1890 指示包括第  $k$  角度参数的残差的数据区域。

[0136] 编码设备(参照图 2 的 200)对空间参数进行编码并将编码的空间参数发送到解码设备(参照图 3 的 300),其中,所述空间参数包括第一角度参数至第  $n$  角度参数中的除第  $k$  角度参数以外的角度参数(包括在数据区域 1810 和 1830 中的参数)以及第  $k$  角度参数的残差(包括在数据区域 1890 中的参数)。

[0137] 解码设备(参照图 3 的 300)接收空间参数,所述空间参数包括第一角度参数至第  $n$  角度参数中的除第  $k$  角度参数以外的角度参数以及第  $k$  角度参数的残差。

[0138] 解码设备(参照图 3 的 300)中的解码单元(参照图 3 的 320)通过使用接收的空间参数和预定值恢复第  $k$  角度参数。

[0139] 详细地,解码单元(参照图 3 的 320)可通过从预定值减去第一角度参数至第  $n$  角度参数中的除第  $k$  角度参数以外的角度参数的值并从减去的结果补偿第  $k$  角度参数的残差来产生第  $k$  角度参数。

[0140] 第  $k$  角度参数的残差具有比第  $k$  角度参数的值小的数据大小。因此,当将空间参数(包括第一角度参数至第  $n$  角度参数中的除第  $k$  角度参数以外的角度参数以及第  $k$  角度参数的残差)发送到解码设备(参照图 3 的 300)时,编码设备(参照图 2 的 200)和解码设备(参照图 3 的 300)之间发送和接收的数据量可减少。

[0141] 当针对例如三个声道产生角度参数时,可通过使用值 0、1 和 2 感知已被残差编码的声道的角度参数。也就是说,当独立地对所有三个声道进行编码时,需要 2 比特  $\times$  3=6 比特,但根据下述方法会仅需要 5 比特。

[0142] 当  $D=A+B \times 3+C \times 9$  (%D 的范围:0 ~ 26) 时,如果  $D$  的值在解码时已知,则可通过  $C=\text{floor}(D/9)$ 、 $D'=\text{mod}(D,9)$ 、 $B=\text{floor}(D'/3)$ 、 $A=\text{mod}(D'/3)$  来获得  $A$ 、 $B$  和  $C$ 。

[0143] 图 19 是根据示例性实施例的集成多声道编解码器和核心编解码器的音频信号处理系统 1900 的框图。

[0144] 图 19 中示出的音频信号处理系统 1900 包括编码设备 1910 和解码设备 1940。根据示例性实施例,音频信号处理系统 1900 可包括编码设备 1910 和解码设备 1940 两者,根据另一示例性实施例,音频信号处理系统 1900 可包括编码设备 1910 和解码设备 1940 中的任何一个。

[0145] 编码设备 1910 可包括多声道编码器 1920 和核心编码器 1930, 解码设备 1940 可包括核心解码器 1850 和多声道解码器 1860。

[0146] 在核心编码器 1930 和核心解码器 1850 中使用的编解码器算法的示例可以是 AC-3、增强 AC-3、使用改进的离散余弦变换(MDCT)的 AAC, 但不限于此。

[0147] 图 20 是根据示例性实施例的音频编码设备 2000 的框图, 其中, 音频编码设备 2000 集成多声道编码器 2010 和核心编码器 2040。

[0148] 图 20 中示出的音频编码设备 2000 包括多声道编码器 2010 和核心编码器 2040, 其中, 多声道编码器 2010 可包括变换单元 2020 和缩混单元 2030, 核心编码器 2040 可包括包络编码单元 2050、比特分配单元 2060、量化单元 2070 和比特流格式化单元 2080。所述组件可被集成为至少一个模块并被实现为至少一个处理器(未示出)。

[0149] 参照图 20, 变换单元 2020 将时域的 PCT 输入变换为频域的频谱数据。此时, 可应用改进的奇离散傅里叶变换(MODFT)。由于根据  $\text{MODFT}=\text{MDCT}+\text{jMDST}$  产生 MDCT 分量, 因此现有的逆变换部分和现有的分析滤波器组部分不是必需。另外, 由于 MODFT 具有复数值, 因此与 MDCT 相比可更精确地获得级别 / 相位 / 相关性。

[0150] 缩混单元 2030 从自变换单元 2020 提供的频谱数据提取空间参数, 并通过对频谱数据进行缩混来产生缩混的频谱。提取的空间参数被提供给比特流格式化单元 2080。

[0151] 包络编码单元 2050 从自缩混单元 2030 提供的缩混的频谱的 MDCT 变换系数以预定的频带为单位获取包络值, 并对包络值进行无损编码。这里, 可从以预定的频带为单位获得的功率、平均振幅、范数值和平均能量中的任何一个形成包络。

[0152] 比特分配单元 2060 通过使用以每个频带为单位获得的包络值产生对变换系数进行编码所需的比特分配信息, 并对 MDCT 变换系数进行归一化。在这种情况下, 以每个频带为单位量化和无损编码的包络值可被包括在比特流中并被发送到解码设备(参照图 21 的 2100)。与使用每个频带的包络值的比特分配有关, 反量化的包络值可被使用, 从而编码设备 2000 和解码设备(参照图 21 的 2100) 使用相同的处理。当范数值被用作包络值时, 可以以每个频带为单位使用范数值计算掩蔽阈值, 可使用掩蔽阈值感知上预测需要的比特数量。

[0153] 量化单元 2070 通过基于从比特分配单元 2060 提供的比特分配信息对缩混的频谱的 MDCT 变换系数进行量化, 来产生量化索引。

[0154] 比特流格式化单元 2080 通过对编码的频谱包络、缩混的频谱的量化索引和空间参数进行格式化来产生比特流。

[0155] 图 21 是根据示例性实施例的音频解码设备 2100 的框图, 其中, 音频解码设备 2100 集成核心解码器 2110 和多声道解码器 2160。

[0156] 图 21 中示出的音频解码设备 2100 包括核心解码器 2110 和多声道解码器 2160, 其中, 核心解码器 2110 可包括比特流解析单元 2120、包络解码单元 2130、比特分配单元 2140 和反量化单元 2150, 多声道解码器 2160 可包括增混单元 2150 和反变换单元 2180。所述组件可被集成为至少一个模块并被实现为至少一个处理器(未示出)。

[0157] 参照图 21, 比特流解析单元 2120 通过对经由网络(未示出)发送的比特流进行解析, 来提取编码的频谱包络、缩混的频谱的量化索引和空间参数。

[0158] 包络解码单元 2130 对从比特流解析单元 2120 提供的编码的频谱包络进行无损编

码。

[0159] 比特分配单元 2140 通过使用从比特流解析单元 2120 以每个频带为单位提供的编码的频谱包络,来分配对变换系数进行解码所需的比特。比特分配单元 2140 可与图 20 的音频编码设备 2000 的比特分配单元 2060 相同地进行操作。

[0160] 反量化单元 2150 通过基于从比特分配单元 2140 提供的比特分配信息对从比特流解析单元 2120 提供的缩混的频谱的量化索引进行反量化来产生 MDCT 分量的频谱数据。

[0161] 增混单元 2170 通过使用从比特流解析单元 2120 提供的空间参数来对从反量化单元 2150 提供的 MDCT 组件的频谱数据进行增混,并通过使用从包络解码单元 2130 提供的解码的频谱包络对增混的频谱进行反归一化。

[0162] 反变换单元 2180 通过对从增混单元 2170 提供的增混的频谱进行反变换来产生时域的脉冲编码调制(PCM)输出。此时,可应用反 MODFT 以与变换单元相应(参照图 20 的 2020)。为此,可从 MDCT 分量的频谱数据产生或预测改进的离散正弦变换(MDST)分量的频谱数据。可通过使用 MDCT 分量的频谱数据和产生或预测的 MDST 分量的频谱数据产生 MODFT 分量的频谱数据,来应用反 MODFT。反变换单元 2180 可将反 MDCT 应用于 MDCT 分量的频谱数据。为此,可从音频编码设备(参照图 20 的 2000)发送用于补偿在 MDCT 域进行增混的期间产生的误差的参数。

[0163] 根据示例性实施例,在平稳信号时间段内,可在 MDCT 域中进行多声道解码。在非平稳时间段内,可通过在瞬态信号时间段内从 MDCT 分量产生或预测 MDST 分量来产生 MODFT 分量,并在 MODFT 域对其进行多声道解码。

[0164] 可使用以预定的频带或帧为单位添加到比特流的标记信息或窗口信息来检查当前信号是与平稳信号时间段相应还是与非平稳信号时间段相应。例如,当短窗口被应用时,当前信号可相应于非平稳信号时间段,当长窗口被应用时,当前信号可相应于平稳信号时间段。

[0165] 更详细地,当增强 AC-3 算法应用于核心编解码器时,可通过使用 blksw 和 AHT 标记信息来检查当前信号的特性,当 AC-3 算法应用于核心编解码器时,可通过使用 blksw 标记信息来检查当前信号的特性。

[0166] 根据图 20 和图 21,通过使用时 / 频域变换的 MODFT,即使使用不同的变换方案的多声道编解码器和核心编解码器被集成,解码端的复杂度也会减少。另外,即使使用不同的变换方案的多声道编解码器和核心编解码器被集成,现有的合成滤波器组部分和现有的变换部分也不是必需的,因此,可省略重叠相加,从而防止额外的延迟。

[0167] 根据示例性实施例的方法可被编写为计算机可执行程序,并可被实现在通用数字计算机中,其中,通用数字计算机通过使用性计算机可读记录介质执行程序。另外,在本发明的实施例中可使用的数据结构、程序指令或数据文件可以以各种方式记录在计算机可读记录介质中。计算机可读记录介质可包括存储计算机系统可读取的数据的所有类型的存储装置。计算机可读记录介质的示例包括:磁介质(诸如,硬盘、软盘和磁带)、光学记录介质(诸如,CD-ROM、DVD)、磁光介质(诸如,光盘)和专门被配置为存储和执行程序指令的硬件装置(诸如,只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)和闪存)。另外,计算机可读记录介质可以是用于传输指定程序指令、数据结构等的信号的传输介质。程序指令的示例不仅可包括由编译器创建的机器语言代码,还可包括由计算机系统使用解释器等可执行的高级语言代

码。

[0168] 虽然已参照附图详细地描述了本发明的示例性实施例,但本发明不限于这些实施例。清楚的是在权利要求中公开的技术精神的范围内可由本领域的普通技术人员执行各种改变或修改,应理解这些改变或修改属于本发明的技术范围。



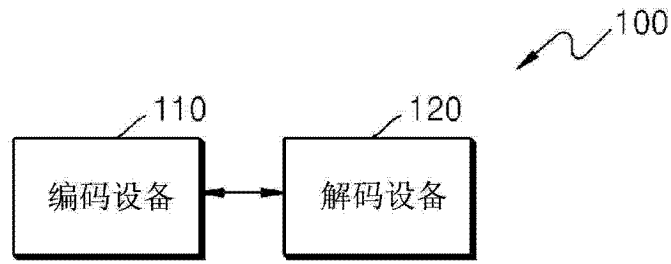


图 1

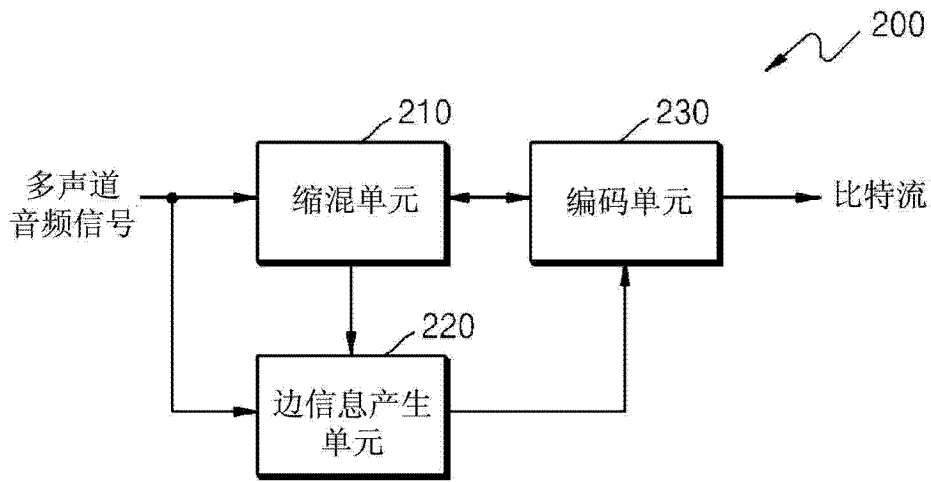


图 2

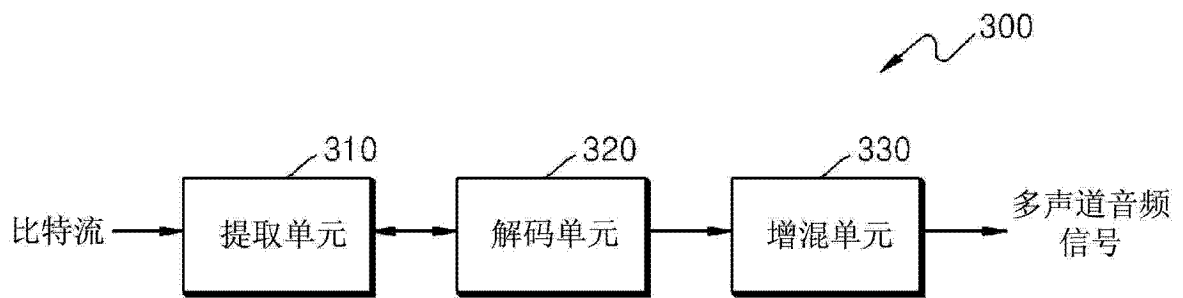


图 3

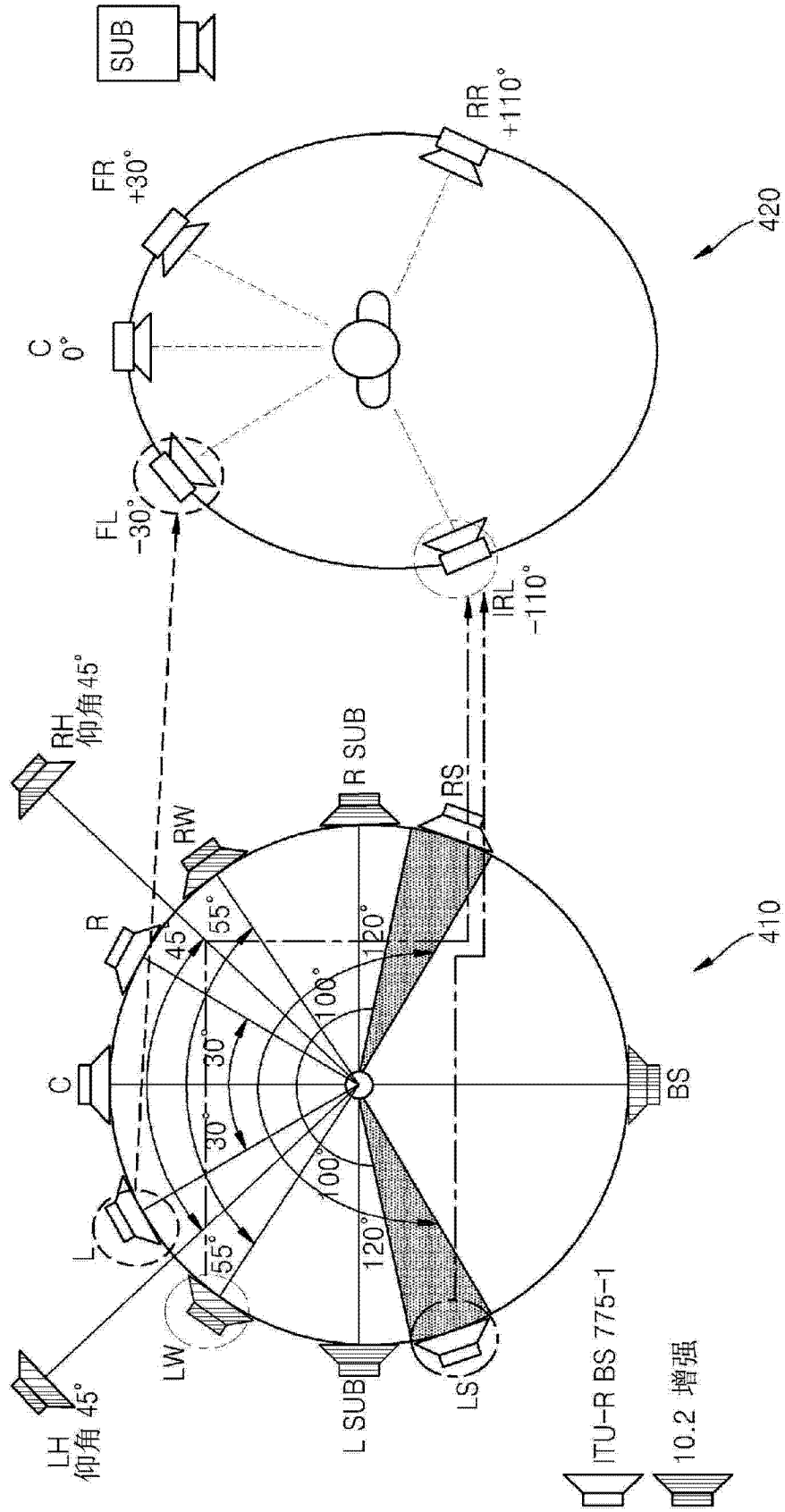


图 4

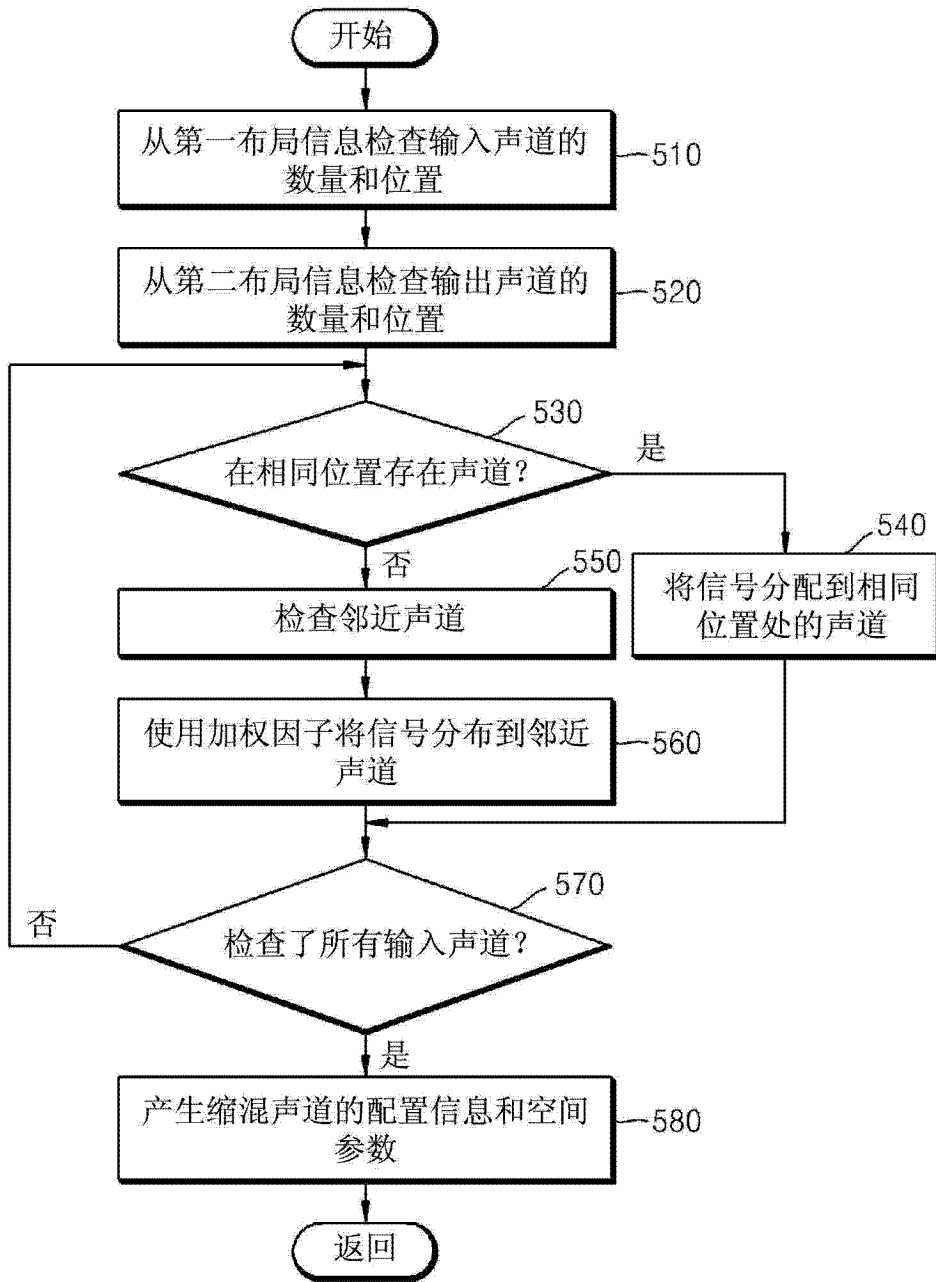


图 5

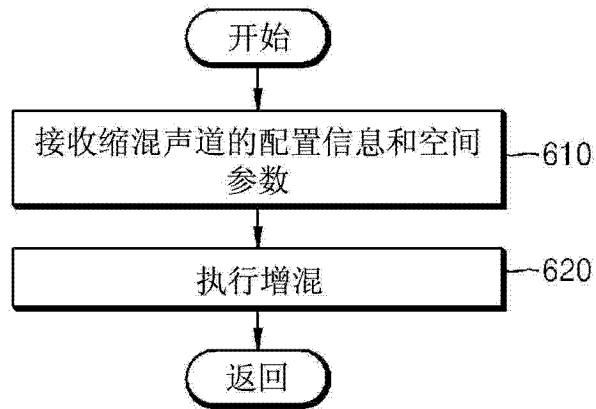


图 6

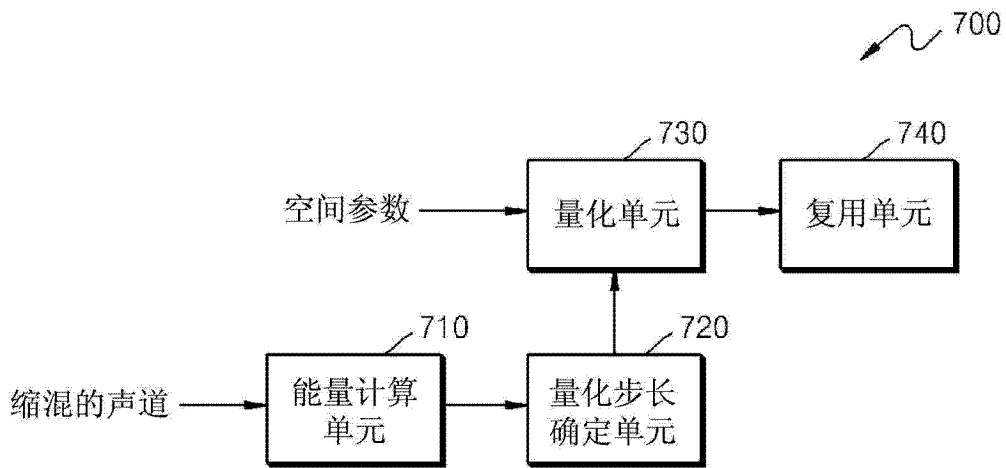


图 7

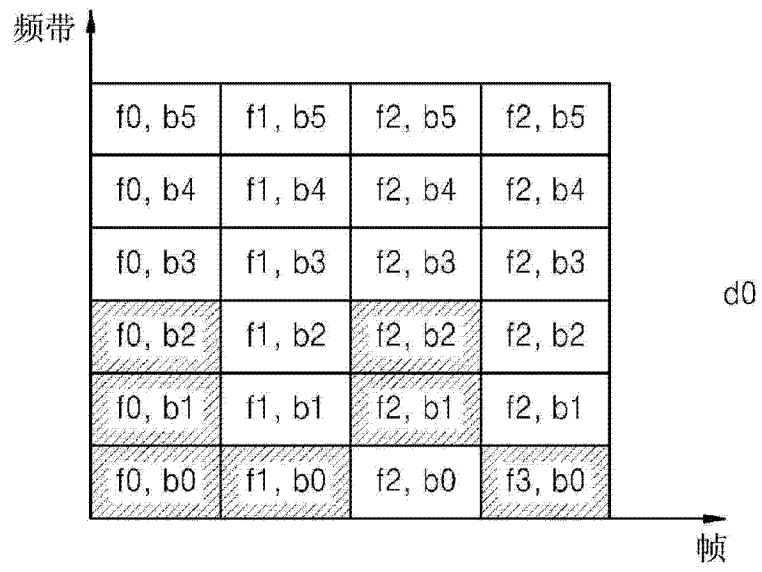


图 8a

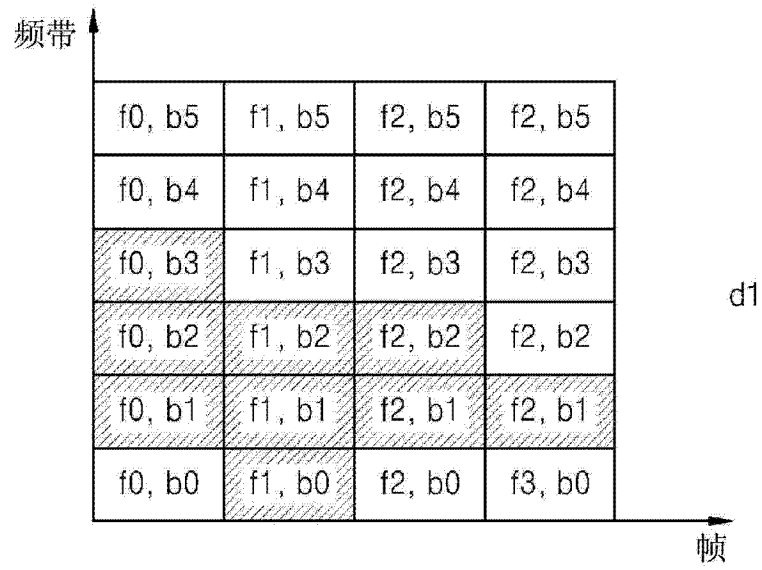


图 8b

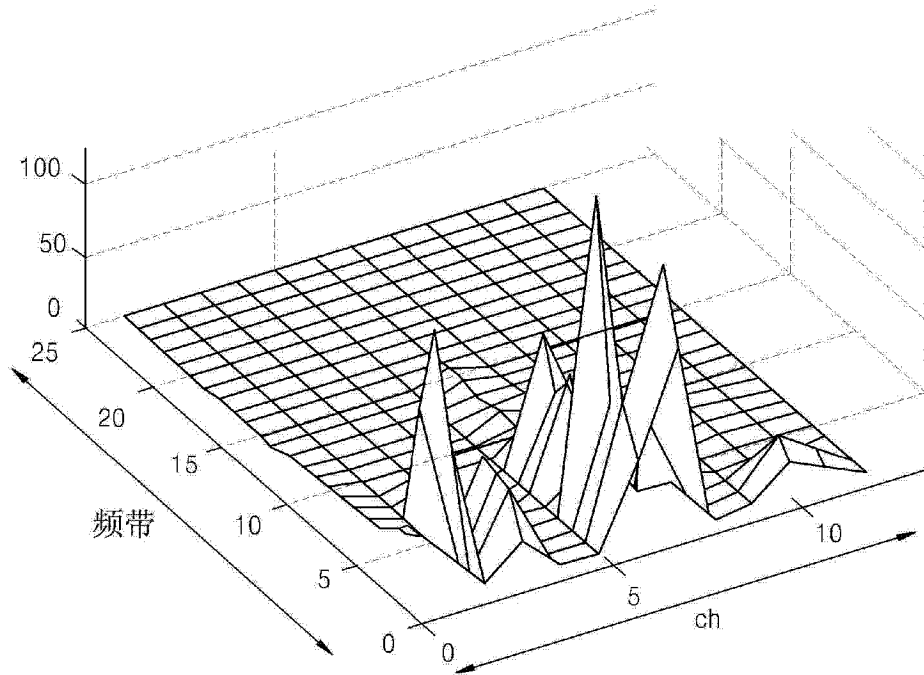


图 9

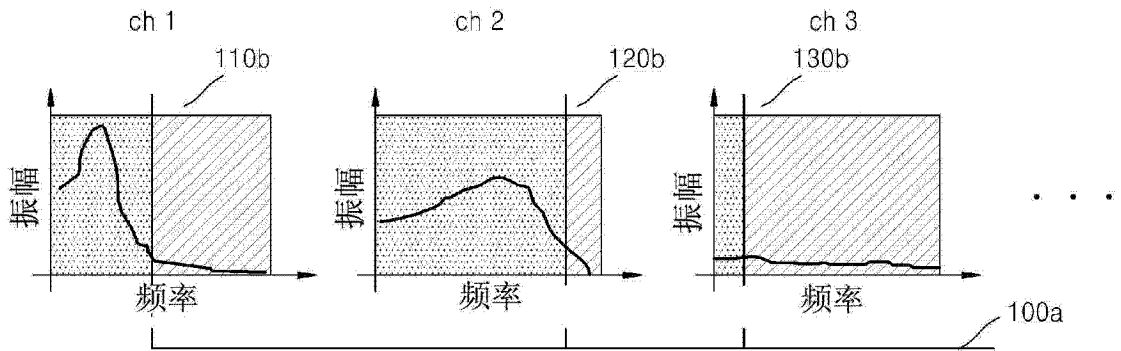


图 10a

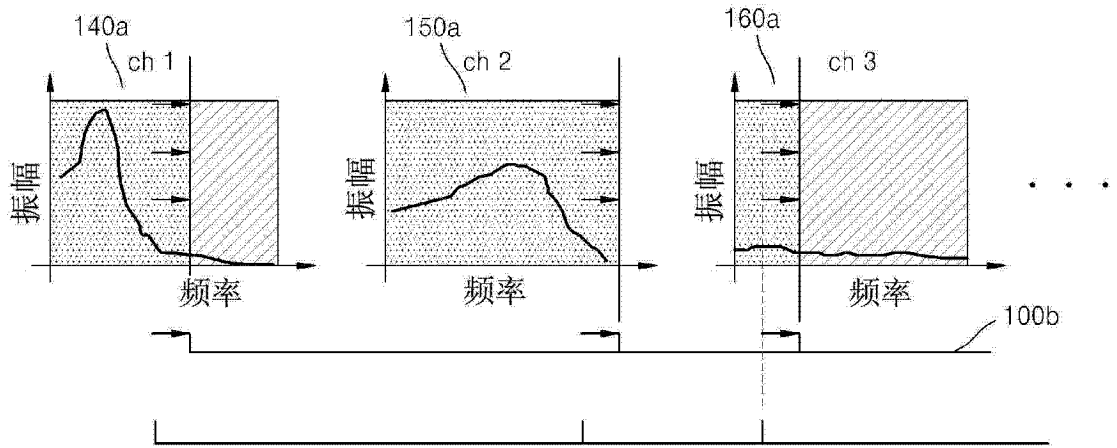


图 10b

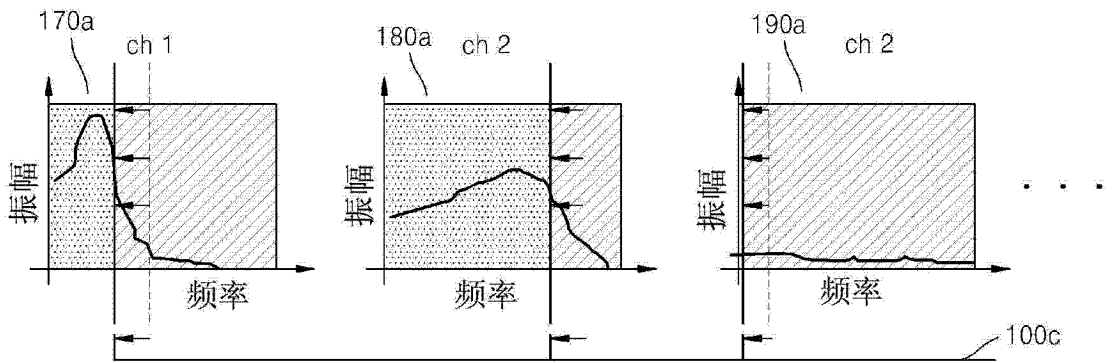


图 10c

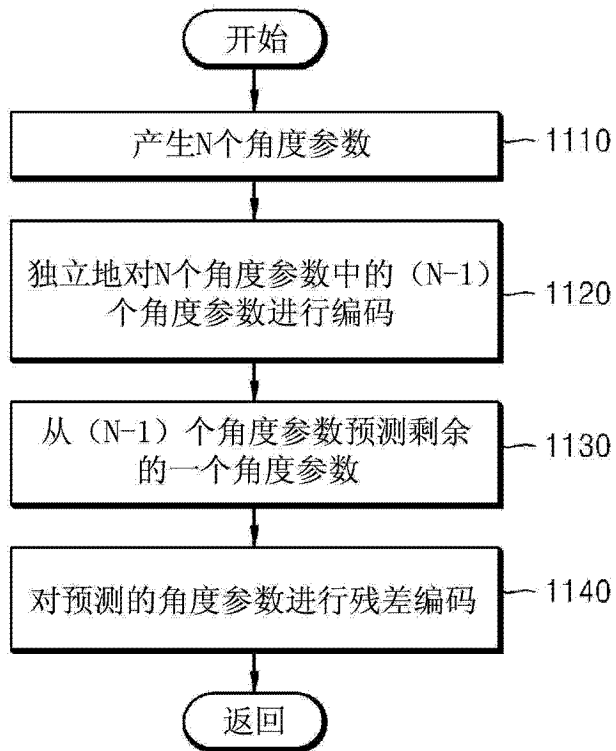


图 11

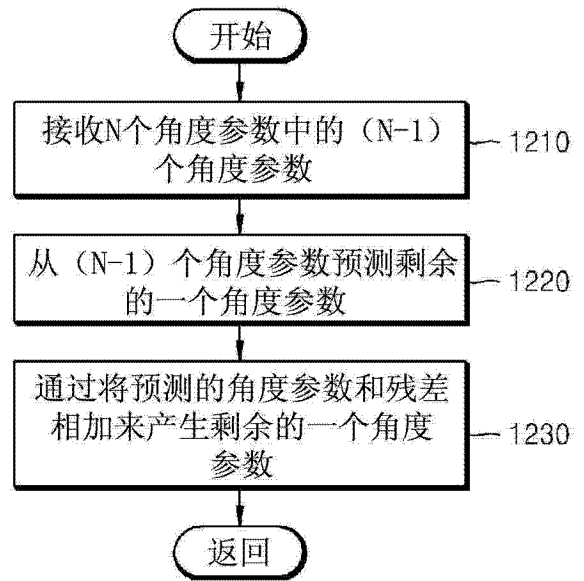


图 12



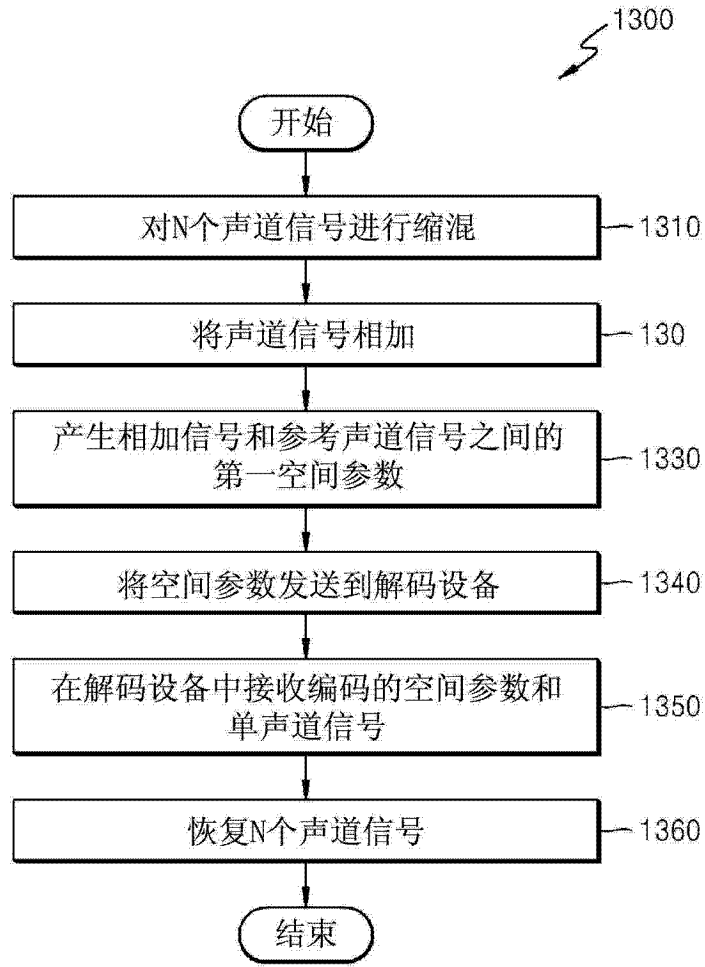


图 13

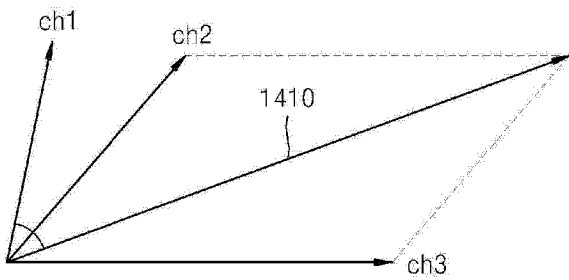


图 14a

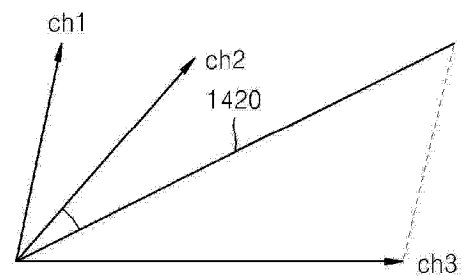


图 14b

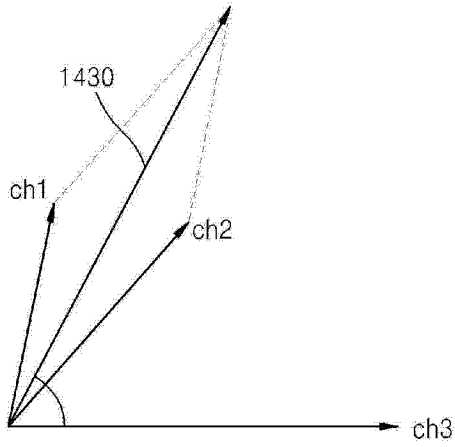


图 14c

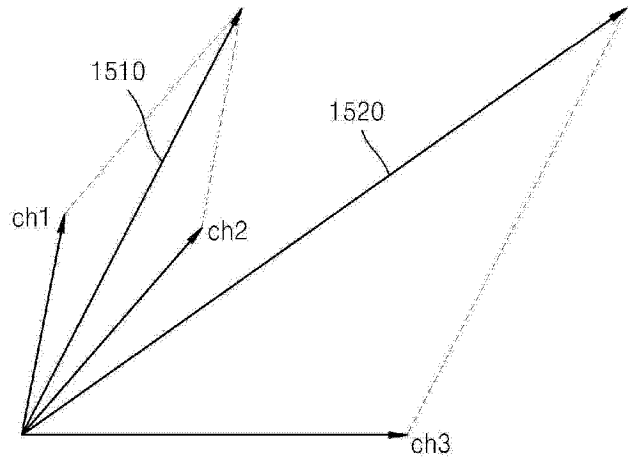


图 15

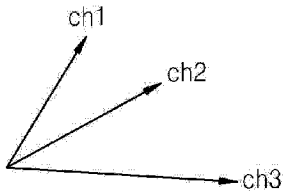


图 16a

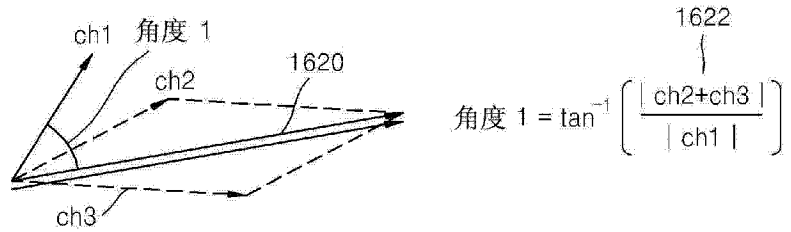


图 16b

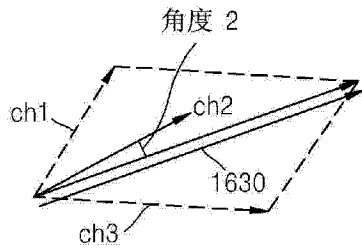


图 16c

$$\text{角度 2} = \tan^{-1} \left[ \frac{| \text{ch1} + \text{ch3} |}{| \text{ch2} |} \right]$$

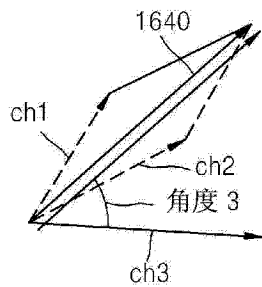


图 16d

$$\text{角度 3} = \tan^{-1} \left[ \frac{| \text{ch1} + \text{ch2} |}{| \text{ch3} |} \right]$$

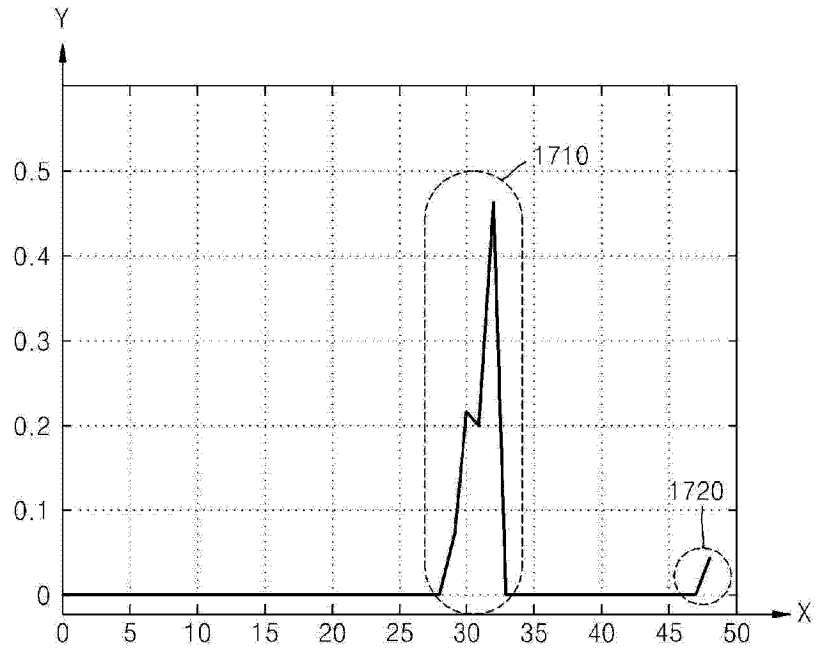


图 17

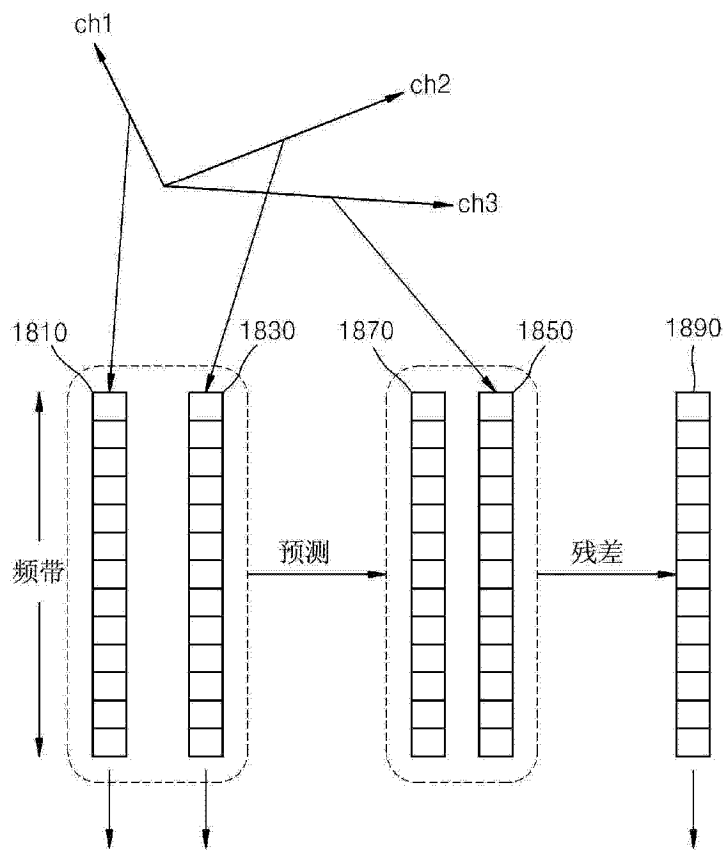


图 18

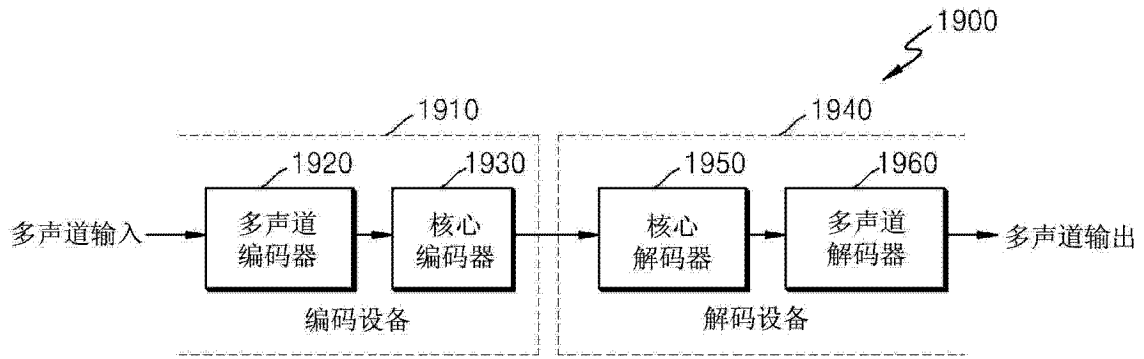


图 19

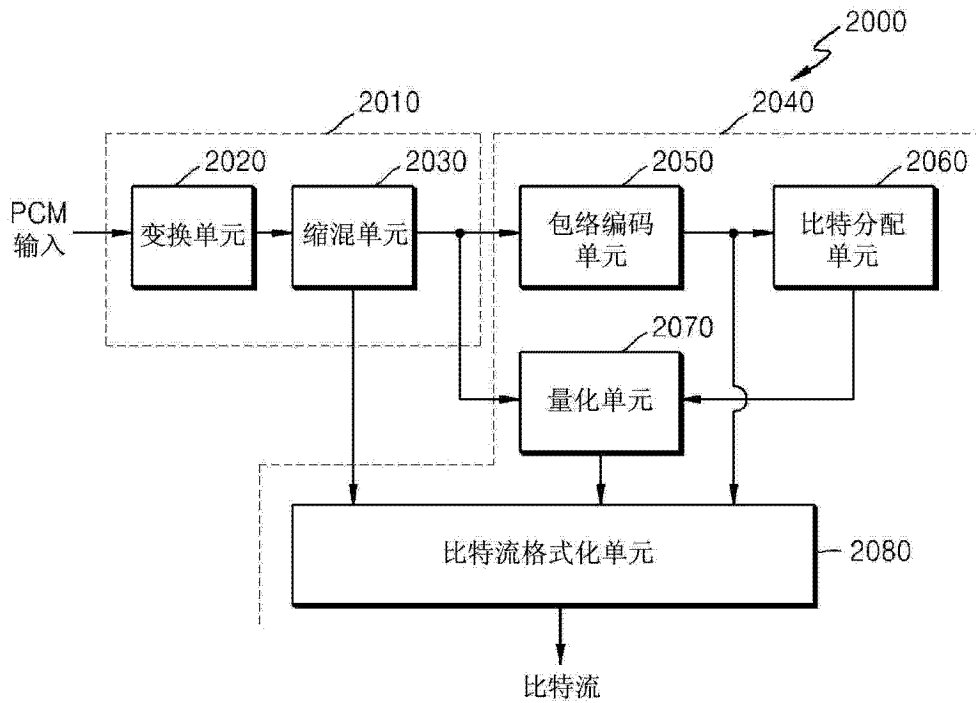


图 20

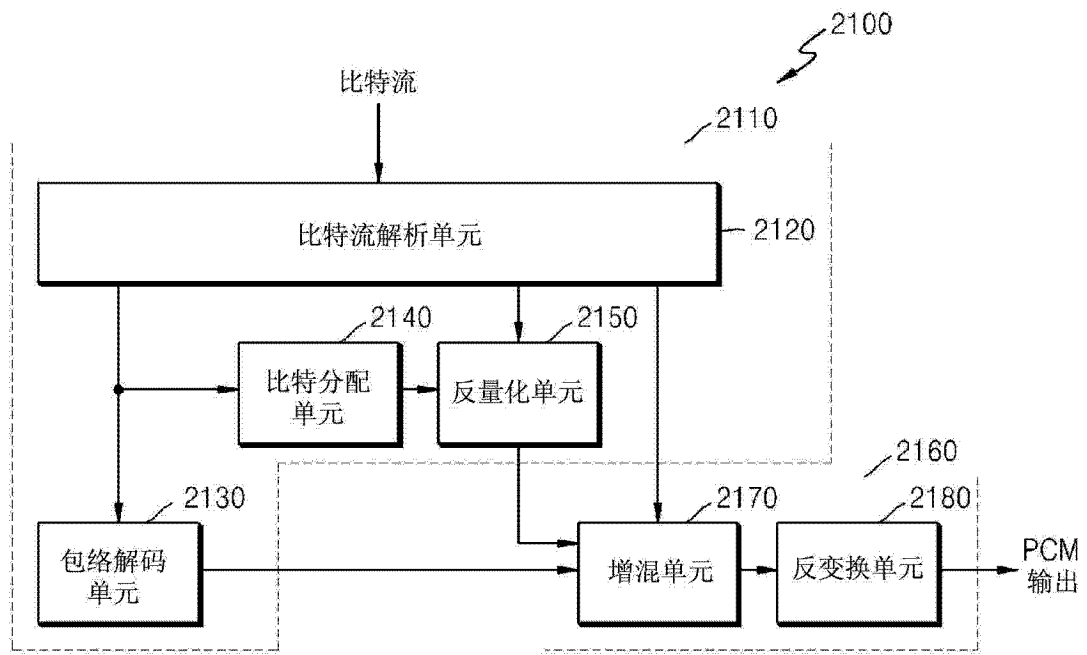


图 21