



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101356741 B

(45) 授权公告日 2012. 10. 31

(21) 申请号 200680050485. 9

(22) 申请日 2006. 11. 03

(30) 优先权数据

60/733, 892 2005. 11. 04 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 07. 04

(86) PCT申请的申请数据

PCT/SG2006/000328 2006. 11. 03

(87) PCT申请的公布数据

W02007/053120 EN 2007. 05. 10

(73) 专利权人 新加坡国立大学

地址 新加坡新加坡

(72) 发明人 王晔 黄文东

萨马吉特·查克拉博蒂

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 黄小临

(51) Int. Cl.

H04B 1/66 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5388181 A, 1995. 02. 07,

US 2005/0102150 A1, 2005. 05. 12,

CN 1585029 A, 2005. 02. 23,

吴丽娜. 数字音频压缩编码及其播放器的实现. 《武汉理工大学学报》. 2005, 第 27 卷 (第 5 期),

审查员 王宇锋

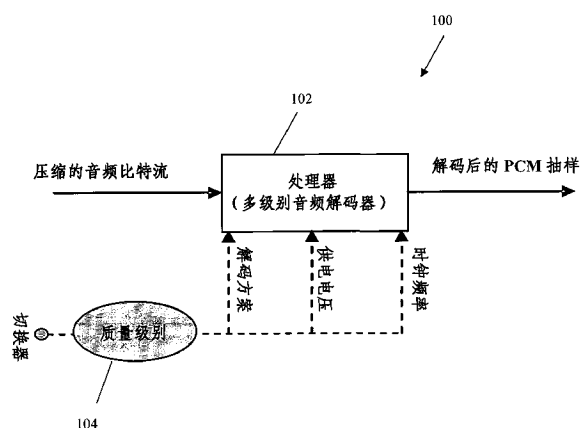
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 8 页

(54) 发明名称

播放音频剪辑的装置和方法

(57) 摘要

一种用于播放音频剪辑的装置、播放音频剪辑的方法和数据存储介质,其上存储有用于命令计算机系统执行一种播放音频剪辑的方法的计算机代码处理手段。该装置包括电压、频率或两者都可缩放的处理器;用于选择该装置多种输出模式中的一种的切换器;和控制器,用于控制处理器基于所选择的输出模式解码输入的表示所述音频剪辑的 joint/MS 立体声模式编码的音频数据;其中每种输出模式限定了 joint/MS 立体声模式编码数据的 M 通道的分波段数 m 和 S 通道的分波段数 s;并且控制器控制处理器仅仅解码和存储来自 m 和 s 个分波段的数据用于回放。



1. 一种用于播放音频剪辑的装置,该装置包括:
电压、频率或两者都可缩放的处理器;
用于选择该装置多种输出模式中的一种的切换器;和
控制器,耦接到处理器,而且被配置为控制该处理器基于所选择的输出模式来解码输入的表示所述音频剪辑的 joint/MS 立体声模式编码的音频数据;
其中每种输出模式限定了 joint/MS 立体声模式编码数据的 M 通道的分波段数 m 和 S 通道的分波段数 s;并且
该控制器被配置为控制该处理器仅仅解码和存储来自 m 和 s 个分波段的数据用于回放,而且
其中 S 通道的分波段数 s 小于 M 通道的分波段数 m,
其中该控制器进一步被配置为控制处理器复制在 joint/MS 立体声模式处理之后保持不变的 M 通道的 [s+1, m] 分波段。
2. 根据权利要求 1 所述的装置,其中每种输出模式与处理器用来解码的不同功率消耗相关。
3. 根据权利要求 1 所述的装置,其中每种输出模式与解码所需的最小处理器频率相关。
4. 根据权利要求 1 或 2 所述的装置,其中每种输出模式与不同输出带宽相关。
5. 根据权利要求 1 或 2 所述的装置,其中每种输出模式与不同的音频回放质量级别相关。
6. 一种播放音频剪辑的方法,该方法包括:
选择多种输出模式中的一种;
控制处理器基于所选择的输出模式来解码输入的表示所述音频剪辑的 joint/MS 立体声模式编码的音频数据,该处理器的电压、频率或两者都可缩放;
其中每种输出模式限定了 joint/MS 立体声模式编码数据的 M 通道的分波段数 m 和 S 通道的分波段数 s;并且
控制该处理器仅仅解码和存储来自 m 和 s 个分波段的数据用于回放,
其中 S 通道的分波段数 s 小于 M 通道的分波段数 m,
其中该方法进一步包括控制该处理器复制在 joint/MS 立体声模式处理之后保持不变的 M 通道的 [s+1, m] 分波段。
7. 根据权利要求 6 所述的方法,其中每种输出模式与处理器用于解码的不同功率消耗相关。
8. 根据权利要求 7 所述的方法,其中每种输出模式与解码所需的最小处理器频率相关。
9. 根据权利要求 6 所述的方法,其中每种输出模式与不同输出带宽相关。
10. 根据权利要求 6 所述的方法,其中每种输出模式与不同的音频回放质量级别相关。

播放音频剪辑的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明广泛地涉及一种播放音频剪辑的装置、播放音频剪辑的方法和数据存储介质,其上面存储有用于命令计算机系统执行一种播放音频剪辑的方法的计算机代码处理手段。

背景技术

[0002] 在用于便携式嵌入系统的硬件和软件两者的设计中功率消耗是一种必需的约束条件。许多便携式嵌入系统把目标指向流式多媒体应用,例如音频和视频解码。一般,这些多媒体应用在其计算需求上表现出高的可变性。

[0003] 现有的动态电压/频率缩放和动态功率管理技术充分利用这种可变性并在低需求期间减慢或切断处理器以节能。这些技术依赖于预测计算需求的变化而且常常使用控制理论反馈方案。然而,这种反馈方案计算昂贵且易出错。

[0004] 因此,需要提供一种设法处理至少一个上述问题的技术或方案。

发明内容

[0005] 根据本发明的第一方面,提供了一种用于播放音频剪辑的装置,该装置包含电压、频率或两者都可缩放的处理器;用于选择该装置多种输出模式中的一种的切换器;以及控制器,耦接到处理器,而且被配置为控制处理器基于所选择的输出模式来解码输入的表示所述音频剪辑的 joint/MS 立体声模式编码的音频数据;其中每种输出模式限定了 joint/MS 立体声模式编码数据的 M 通道的分波段数 m 和 S 通道的分波段数 s;并且该控制器被配置为控制该处理器仅仅解码和存储来自 m 和 s 个分波段的数据用于回放,而且其中 $s < m$, 控制器可以进一步被配置为控制处理器复制 joint/MS 立体声模式处理之后保持不变的 M 通道的 $[s+1, m]$ 分波段。

[0006] 每种输出模式可以与处理器用来解码的不同功率消耗相关。

[0007] 每种输出模式可以与解码所需的最小处理器频率相关。

[0008] 每种输出模式可以与不同输出带宽相关。

[0009] 每种输出模式可以与不同的音频回放质量级别相关。

[0010] 根据本发明的第二方面,提供了一种播放音频剪辑的方法,该方法包括选择多种输出模式中的一种;控制处理器以基于所选择的输出模式来解码输入的表示所述音频剪辑的 joint/MS 立体声模式编码的音频数据,该处理器的电压、频率或两者都可缩放;其中每种输出模式限定了 joint/MS 立体声模式编码数据的 M 通道的分波段数 m 和 S 通道的分波段数 s;并控制处理器仅仅解码和存储来自 m 和 s 个分波段的数据用于回放,并且其中 $s < m$, 该方法可进一步包括控制处理器复制 joint/MS 立体声模式处理之后保持不变的 M 通道的 $[s+1, m]$ 分波段。

[0011] 每种输出模式可以与处理器用来解码的不同功率消耗相关。

[0012] 每种输出模式可以与解码所需的最小处理器频率相关。

[0013] 每种输出模式可以与不同输出带宽相关。

[0014] 每种输出模式可以与不同的音频回放质量级别相关。

附图说明

[0015] 对本领域普通技术人员来说,本发明的实施例从以下的描述中将更好理解并更直观,下面所写的内容只是以示例方式并结合附图进行描述,其中:

[0016] 图 1 示出了带宽和立体声图像可缩放的 MPEG 音频层 3(BSS-MP3) 解码器的示意图;

[0017] 图 2 示出了四个频率波段组的列表;

[0018] 图 3 示出了由 BSS-MP3 解码器执行的 BSS 解码方案的处理过程的流程图;

[0019] 图 4 示出了用于在三个不同回放延迟值处的不同解码级别所需的最小频率的列表;

[0020] 图 5 示出了当回放延迟设置为 0.5 秒时 14 种不同解码级别的归一化能量消耗的图表;

[0021] 图 6 示出了对于 5 个不同音乐剪辑的 5 种不同配置文件的平均评分的图表;

[0022] 图 7 示出了相对于带宽的平均评分、工作量和能量消耗的各个曲线;

[0023] 图 8 示出了用于播放音频剪辑的装置的示意图;

[0024] 图 9 示出了图示说明播放音频剪辑的方法的流程图;

[0025] 图 10 示出了用于实现所述方法和系统的计算机系统的示意图。

具体实施方式

[0026] 在这里描述了用于使用 joint/MS 立体声模式编码的音频文件的立体声图像可缩放的音频解码方案。在示例性实施例中,描述了用于单层音频格式例如 MP3 的带宽和立体声图像可缩放(BSS)的解码方案。BSS 解码方案是基于对被压缩比特流中不同音频成分的感知相关性的分析。带宽和立体声图像可缩放性直接转化为由解码器产生的计算工作量方面的可缩放性。这可以被电压/频率可缩放的处理器充分利用以节省能量和延长电池寿命。

[0027] BSS 解码方案使得使用者可以控制电池寿命和被解码音频的质量之间的权衡,考虑到音频质量的微小退化也许不会被使用者感知但能够有效地增加播放器的电池寿命。这使得使用者可以根据他的听力、收听环境和需要的服务类型来控制被解码音频的质量级别。使用者也能够控制解码器方面的质量级别。另外,使用者能够在单层音频格式例如 MP3 的多个输出质量级别之间进行切换。每个质量级别与不同级别的功率消耗相关。进而,BSS 解码方案容易实现,没有运行时间开销而且无需任何运行时间的电压或频率缩放。

[0028] 将标准的 MP3 解码器重新设计成实现 BSS 解码方案的 BSS-MP3 解码器。本领域的技术人员将意识到,还可以使用任何一种感知音频解码器来实现 BSS 解码方案。

[0029] 将在随后描述内容的一些部分明确或隐含提出对于计算机存储器内部数据进行运算的算法以及函数或符号表示法。这些算法描述以及函数或符号表示法是数据处理技术领域的技术人员使用的处理手段,以最有效地将他们的工作内容传达给本领域的其他技术人员。在这里的算法一般理解为导致理想结果的步骤的自洽序列(self-consistent

sequence)。该步骤是需要对物理量,例如能够被存储、转换、结合、比较和其它操作的电、磁或光信号进行物理操作的那些步骤。

[0030] 除非有其它特殊规定,且从下面很明显,将意识到,贯穿本说明书,可利用例如“解码”、“处理”、“拆包”、“计算”、“存储”、“复制”或这类术语进行论述,指的是计算机系统或类似电子装置的动作和处理过程,对表示为计算机系统内部的物理量的数据进行操作并将其转换为类似地表示为计算机系统或其它信息存储、传输或显示装置内部的物理量的其它数据。

[0031] 本说明书还公开了用于完成该方法的运行的设备。这种设备可以根据需要专门构造,或者可以包括通过存储在计算机中的计算机程序选择性激活或重新配置的通用计算机或其它装置。在这里提出的算法和显示并非固有地涉及任何一种特定计算机或其它设备。各种通用机器可以与这里讲解的程序一起使用。作为另一选择,适当的是构造更专用的设备来完成所需要的方法步骤。常规的通用计算机的结构将从下面的描述中呈现。

[0032] 另外,本说明书还隐含地公开了一种计算机程序,其中对本领域技术人员来说显而易见的的是在此描述的方法的各个步骤可以由计算机代码实现。意图不在于将该计算机程序限定于任何一种特殊的编程语言和它的执行。应意识到,可以使用各种编程语言及其编制来实现这里所包含的公开内容的讲解。此外,意图不在于将该计算机程序限定于任何一种特殊的控制流。存在该计算机程序的许多其它变形,可以使用不同的控制流而不偏离该发明的精神或范围。

[0033] 这种计算机程序可以存储在任何一种计算机可读介质上。计算机可读介质可以包括存储装置,例如磁盘或光盘、存储器芯片、或适合用于与通用计算机接口的其它存储装置。计算机程序在这种通用计算机上装载和执行时有效地形成实施该优选方法的步骤的设备。

[0034] 图 1 示出了 BSS-MP3 解码器 100 的示意图。该 BSS-MP3 解码器 100 包括处理器 102 和手动切换器 104。处理器 102 将压缩的音频比特流转换为脉冲编码调制 (PCM) 音频抽样。手动切换器 104 耦合到处理器 102 上。手动切换器 104 使得使用者可以手动选择质量级别以根据指定级别的解码方案或算法以及处理器 102 运行该解码方案的电压和频率来解码任何一种音频剪辑。当在较低质量级别解码剪辑时,处理器 102 能够在较低频率和电压下运行。结果,有利地实现了功率节省。

[0035] BSS 解码方案是基于区分与不同频率波段和通道相关的感知显著性的多级别解码方案,其消除了感知上不相关的计算。因此,与其它现有的最优化技术,例如“不对零进行计算”算法 (P. De Smet, F. Rooms, H. Liong, 和 W. Philips. Do not zero-pute: An efficient homespun MPEG-Audio layer II decoding and optimization strategy (不对零进行计算: 高效率的粗制 MPEG 音频层 II 解码和最优化策略), 在 Proc. of ACM Multimedia 2004 中, 2004 年 10 月) 相比, BSS 解码方案在减少工作量方面更有效。

[0036] BSS-MP3 解码器 100 将频率带宽和立体声图像可缩放性结合起来, 产生了许多解码级别。每个解码级别与不同的回放质量相关。下面将描述频率带宽和立体图像可缩放性的细节。

[0037] 为实现频率带宽可缩放性, 将 MPEG 1 音频标准定义的 32 个分波段划分为四个组。每组对应于一种感知质量级别。图 2 示出了该四个频率波段组的列表。使用大约 44.1 kHz

的抽样频率作为图示说明。

[0038] 频率波段组 1 覆盖了大约 5.5kHz 的最低频率带宽,其定义为基层。虽然组 1 仅占总带宽的四分之一并在总计算工作量中占大概四分之一,但它是感知上最相关的频率带宽。输出的音频质量是调幅 (AM) 质量并且对于例如新闻和体育解说这样的业务足够了。

[0039] 组 2 覆盖了大约 11kHz 的带宽且输出的音频质量是调频 (FM) 无线电质量,这对于收听音乐剪辑尤其是在嘈杂环境中收听足够了。组 3 覆盖了大约 16.5kHz 的带宽且产生了非常接近于光盘 (CD) 质量的输出音频质量。组 4 覆盖了大约 22kHz 的全带宽,其对应于标准 MP3 解码器。相应的输出音频质量是 CD 质量。

[0040] 在示例性实施例中,MP3 使用 joint/MS 立体声模式编码。这种模式充分利用左和右通道信号之间的类似性。将左和右通道编码为 MP3 文件中中间 (M) 和旁边 (S) 通道。M 通道包含来自左和右两通道的最基本的信息且 S 通道仅负责提供立体声图像。因此,尽管解码它需要相似的计算工作量,但 M 通道比 S 通道在感知上更显著。同样地,本发明人认识到,当希望得到更少工作量和更长电池寿命时,S 通道能够被部分解码或全部放弃。

[0041] 图 3 示出了由 BSS-MP3 解码器 100 执行的 BSS 解码方案处理过程的流程图。该处理过程是指比特流拆包和霍夫曼解码 (Huffman decoding) 302、频谱值的去量化和重排序 304、joint/MS 处理 306、修正离散余弦逆变换 (IMDCT) 处理 308 和多相位合成 310。

[0042] 引发最大计算工作量的处理过程指的是去量化 304、IMDCT 处理 308 和多相位合成 310。标准 MP3 解码器解码全部频率波段,这对应于最高计算工作量。对于 BSS-MP3 解码器 100,以上三个模块仅处理取决于使用者选择的解码级别的部分频率范围。因此,引发了更低的计算成本。在图 3 中,分别地,B1 表示为 M 通道选择的带宽,B2 表示为 S 通道选择的带宽,B3 表示为左通道选择的带宽,B4 表示为右通道选择的带宽。

[0043] 假定,由 BSS-MP3 解码器 100 解码 M 通道较低的 m 个分波段和 S 通道较低的 s 个分波段,这里 $s \leq m$ 。这暗指被解码的 M 通道的分波段比 S 通道的更多的不对称解码。然而,当 $s = m$ 时还有可能进行对称的部分 MS 解码。

[0044] 如图 3 所示,我们的 BSS-MP3 解码器 100 在霍夫曼解码之后仅解码和存储分别来自 M 和 S 通道的较低的 m 和 s 个分波段的数据。由于 S 通道中不存在这组 $[s+1, m]$ 分波段,所以在 joint/MS 立体声处理模块之后 M 通道的 $[s+1, m]$ 分波段保持不变。将它们简单地复制到左、右两个通道,如图 3 中 IMDCT 模块之后的虚线所示。仅仅真实的立体声成分是左和右通道中较低的 s 个分波段。

[0045] 在以上处理过程中,有利的是 BSS-MP3 解码器 100 的计算工作量随着两个通道中被解码的分波段的数量的减少几乎线性减少。计算 BSS-MP3 解码器 100 的能量节省和有效性且在下面描述计算的细节和结果。

[0046] 利用具有大约 128 千比特/秒比特速率的音频剪辑计算由 BSS-MP3 解码器 100 引起的能量节省。所有的音频剪辑抽样速率大约 44.1kHz 并且持续时间大约 20 秒并且以联合 (joint) 立体声模式对其进行编码。该处理器模型基于 SimpleScalar 指令集模拟器的 Sim-Profile 配置。BSS-MP3 解码器 100 用三个不同的回放延迟值模拟,三个回放延迟值分别为大约 0.5、1 和 2 秒。

[0047] 图 4 示出了在三个不同的回放延迟值处的不同解码级别所需的最小频率的列表。通过考虑组成每个区组的比特数和 MP3 比特流中不同区组的处理器周期要求这两者的可

变性来计算这些频率值。由于回放延迟值从大约 0.5 秒增加到大约 1 秒和 2 秒,最小所需频率示出对于所有解码级别的适度减少。这后面的原因是增加的缓冲时间平滑了工作量中的一些可变性。

[0048] 图 5 示出了当回放延迟设置为大约 0.5 秒时用于 14 种不同解码级别的归一化能量消耗的图表。从图 5 可见,解码配置 (m:32, s:32) 502 消耗了最大数量的归一化能量,其大约为 0.99。这对应于标准 MP3 输出。另一方面,解码配置 (m:8, s:8) 504 消耗了大约 0.01 的归一化能量。当选择解码配置 (m:8, s:8) 504 时,会有利地实现大约 98% 的能量节省。

[0049] 为计算 BSS-MP3 解码器 100 的有效性,对 13 个研究对象进行秘密试验。要求所有的研究对象利用平均评分 (MOS) 估算音频质量,平均评分 (MOS) 是 5 个分数等级 (5- 极好, 4- 好, 3- 一般, 2- 差, 1- 极差)。用五个音乐剪辑来估算,其中四个为流行音乐并且一个为纯乐器古典音乐。这些 MP3 剪辑都是联合立体声模式的,抽样速率大约 44.1kHz 和比特速率等于大约 128 千比特 / 秒。为测试准备了每个音乐剪辑的五种不同副本。这些副本由 BSS-MP3 解码器 100 生成分别具有 (m:32, s:32)、(m:32, s:24)、(m:32, s:16)、(m:32, s:8)、(m:32, s:0) 的配置文件。每个音乐剪辑具有两个用作锚点质量参考的具有 (m:32, s:32) 和 (m:8, s:8) 配置文件的附加副本。(m:32, s:32) 的配置文件处于 MOS 等级 5 且 (m:8, s:8) 配置文件处于 MOS 等级 3。除锚点质量参考之外所有测试抽样以任意顺序排列。进行了两个集合的主观估算,即,一个用于估算立体声图像可缩放性并且另一个用于估算带宽可缩放性。

[0050] 对于立体声图像可缩放性的第一估算结果示于图 6 中。图 6 示出了对于 5 个不同音乐剪辑的 5 种不同配置文件的 MOS 图表。注意到,完全放弃 S 通道,即将立体声转换为单声道 (m:32 ;s:32 (602) 到 m:32 ;s:0 (604)), 导致了明显的质量退化。当解码整个 M 通道和 S 通道较低的四分之一 (即, m:32 ;s:32 (602) 到 m:32 ;s:8 (606)) 时,质量退化可不计。即使仅解码 S 通道较低的四分之一,也会有利地提供符合要求的回放音频质量。这表明低频率波段 (图 1 的组 1) 比更高频率波段重要得多。另外,有利地实现了处理器频率降低大约 30%,相应地功率节省近似 70%。

[0051] 对于带宽可缩放性的第二估算,进行对称的 M 和 S 通道解码,即 M 和 S 这两通道都被部分解码。图 7 示出了第二估算的结果。图 7 示出了相对于带宽的平均评分的曲线 702, 相对于带宽的工作量的曲线 704 以及相对于带宽的能量消耗的曲线 706。曲线 702 表明从频率波段组 4 到组 3 的切换几乎没有引起感知音频质量的退化。然而,曲线 706 示出了从频率波段组 4 到组 3 的切换有利地实现了能量消耗大约 50% 以上的降低。因此,延长了电池寿命。通过允许微小退化的输出音频质量而有利地获得显著的功率节省。

[0052] 曲线 704 示出了 BSS-MP3 解码器 100 的工作量与要被解码的频率带宽大概成比例。因此,减小被解码的音频带宽除了会导致能量消耗急速下降外还会导致音频质量逐步降低。

[0053] 图 8 示出了根据一实施例用于播放音频剪辑的装置 800 的示意图。装置 800 包括电压、频率或两者都可缩放的处理器 802。装置 800 还包括用于选择该装置多种输出模式中的一种的切换器 804。装置 800 还包括耦合到处理器 802 和切换器 804 上的控制器 806,其用于控制处理器基于所选择的输出模式来解码输入的表示音频剪辑的 joint/MS 立体声模式编码的音频数据,其中每种输出模式限定了 joint/MS 立体声模式编码数据的 M 通道的分

波段数 m 和 S 通道的分波段数 s 。控制器 806 控制处理器 802 仅仅解码和存储来自 m 和 s 个分波段的数据用于回放。

[0054] 图 9 示出了图示说明根据一实施例播放音频剪辑的方法的流程图 900。在步骤 902, 选择多种输出模式中的一种。在步骤 904, 控制处理器基于所选择的输出模式来解码输入的表示音频剪辑的 joint/MS 立体声模式编码的音频数据, 而且处理器的电压、频率或两者都可缩放, 其中每种输出模式限定了 joint/MS 立体声模式编码数据的 M 通道的分波段数 m 和 S 通道的分波段数 s 。在步骤 906, 控制该处理器仅仅解码和存储来自 m 和 s 个分波段的数据用于回放。

[0055] 所述方法和系统能够在图 10 中示意性示出的计算机系统 1000 上实施。其可以作为软件实施, 例如在计算机系统 1000 内部执行并命令计算机系统 1000 完成示例性实施例的方法的计算机程序。

[0056] 计算机系统 1000 包含计算机模块 1002, 输入模块例如键盘 1004 和鼠标 1006, 和多个输出装置例如显示器 1008 和打印机 1010。

[0057] 计算机模块 1002 经由适当的收发器装置 1014 连接到计算机网络 1012 上, 以便能够访问例如因特网或其它网络系统例如局域网 (LAN) 或广域网 (WAN)。

[0058] 示例中的计算机模块 1002 包括处理器 1018、随机存取存储器 (RAM) 1020 和只读存储器 (ROM) 1022。计算机模块 1002 还包括若干个输入 / 输出 (I/O) 接口, 例如至显示器 1008 的 I/O 接口 1024 和至键盘 1004 的 I/O 接口 1026。

[0059] 计算机模块 1002 的部件一般经由互连起来的总线 1028 并以相关领域技术人员已知的方式通信。

[0060] 应用程序一般供给计算机系统 1000 的使用者, 该应用程序在数据存储介质例如 CD-ROM 或闪存载体上编码并利用数据存储装置的相应数据存储介质驱动 1030 来读取。该应用程序在由处理器 1018 执行时被读取和控制。程序数据的中间存储也许使用 RAM 1020 完成。

[0061] 本领域的技术人员将意识到, 对特定实施例中所示的本发明可以做许多变更和 / 或修改, 而不脱离全面描述的本发明的精神或范围。因此, 本实施例在所有方面都被认为是示例性而非限制性的。

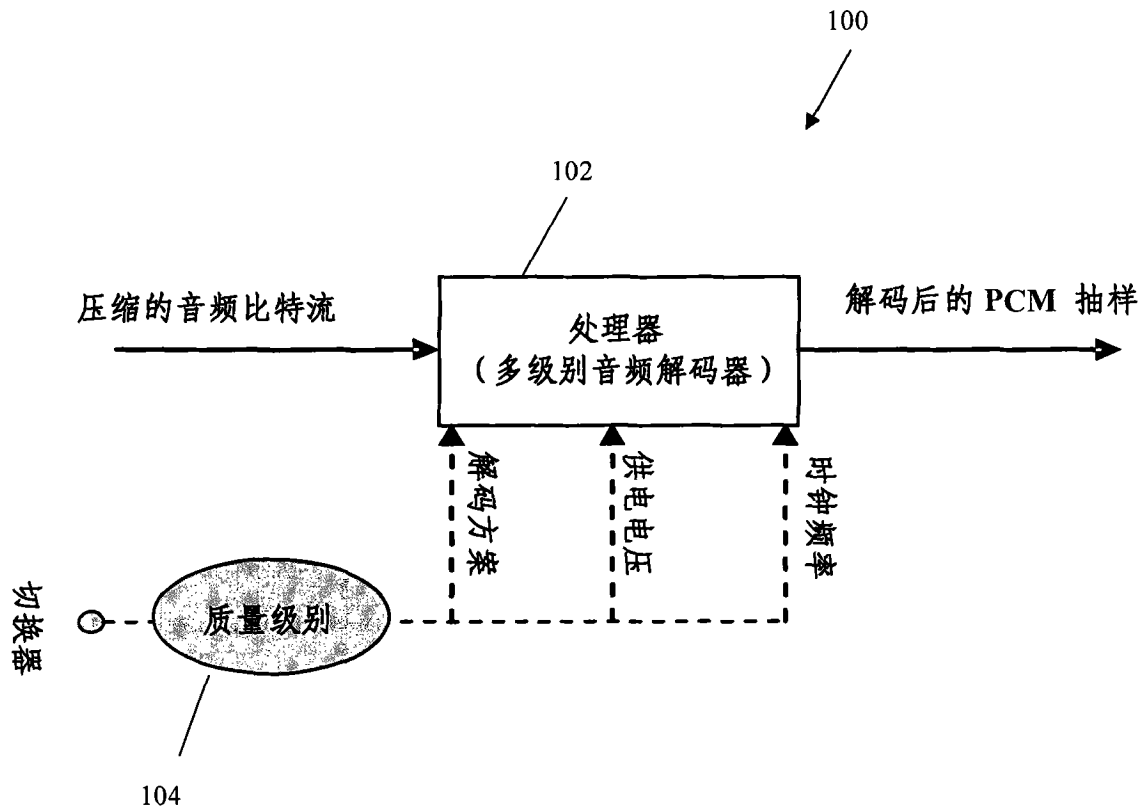


图 1

组参考号	被解码的分波段的参考号	频率范围 (Hz)	被感知的质量级别
组 1	0-7	0 – 5512.5	AM 质量
组 2	0-15	0 – 11025	接近 FM 质量
组 3	0-23	0 – 16537.5	接近 CD 质量
组 4	0-31	0 – 22050	CD 质量

图 2

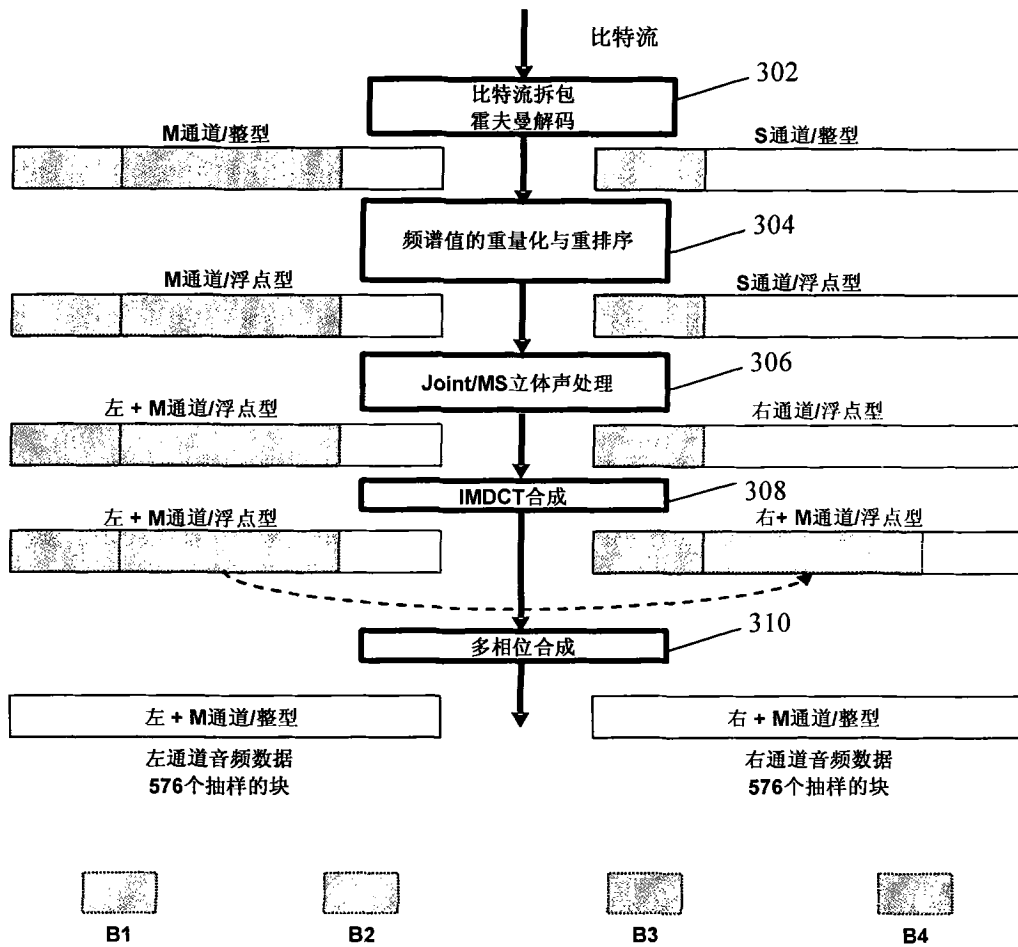


图 3

回放 延迟	m:32 s:32	m:32 s:24	m:32 s:16	m:32 s:8	m:32 s:0	m:24 s:24	m:24 s:16	m:24 s:8	m:24 s:0	m:16 s:16	m:16 s:8	m:16 s:0	m:8 s:8	m:8 s:0
0.5 秒	322	292	257	221	169	244	211	177	130	162	129	88	85	50
1.0 秒	314	285	251	216	165	238	206	172	127	158	126	86	83	48
2.0 秒	299	270	238	205	156	226	195	163	120	150	119	82	78	46

图 4

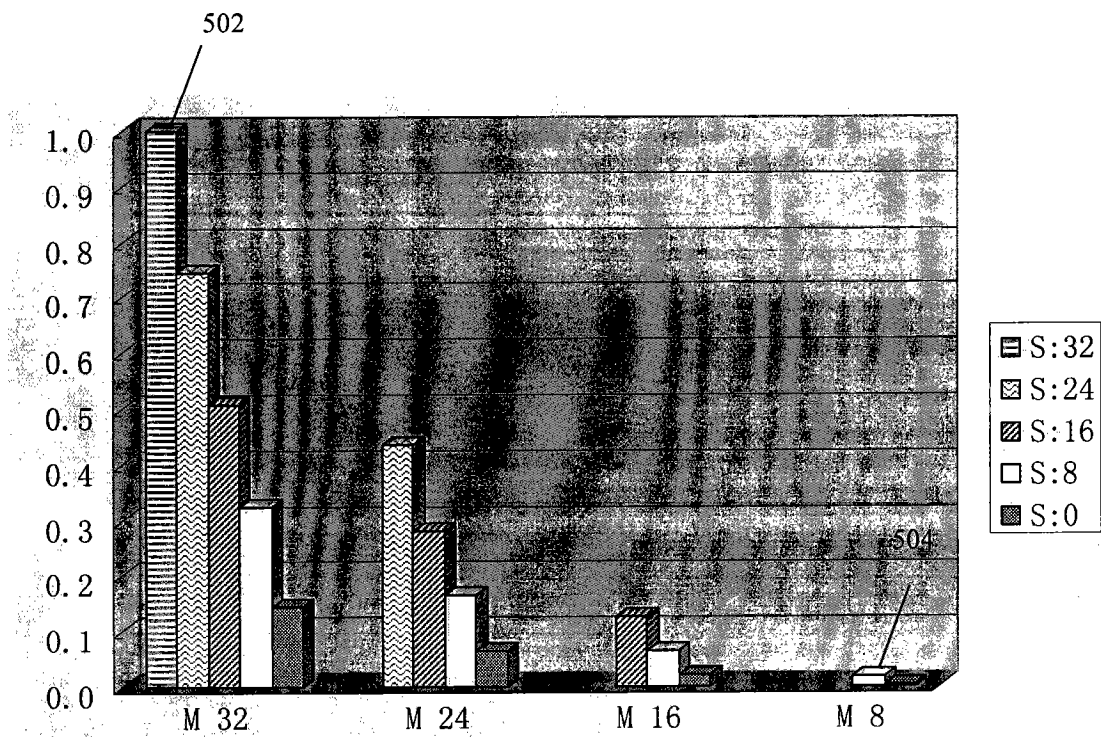


图 5

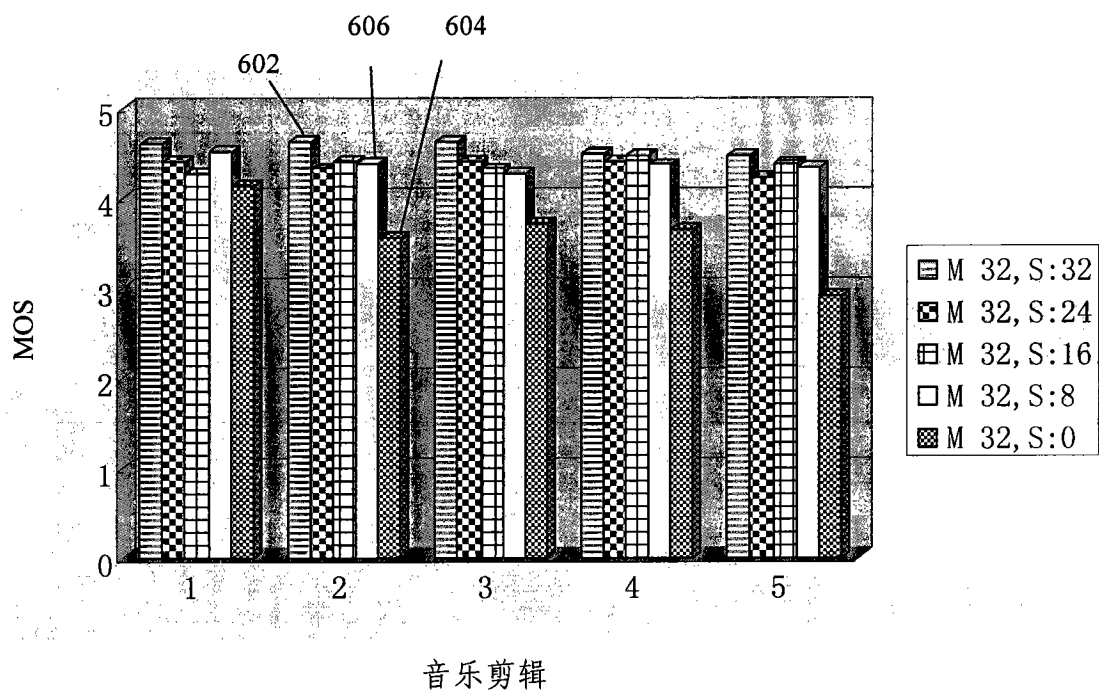


图 6

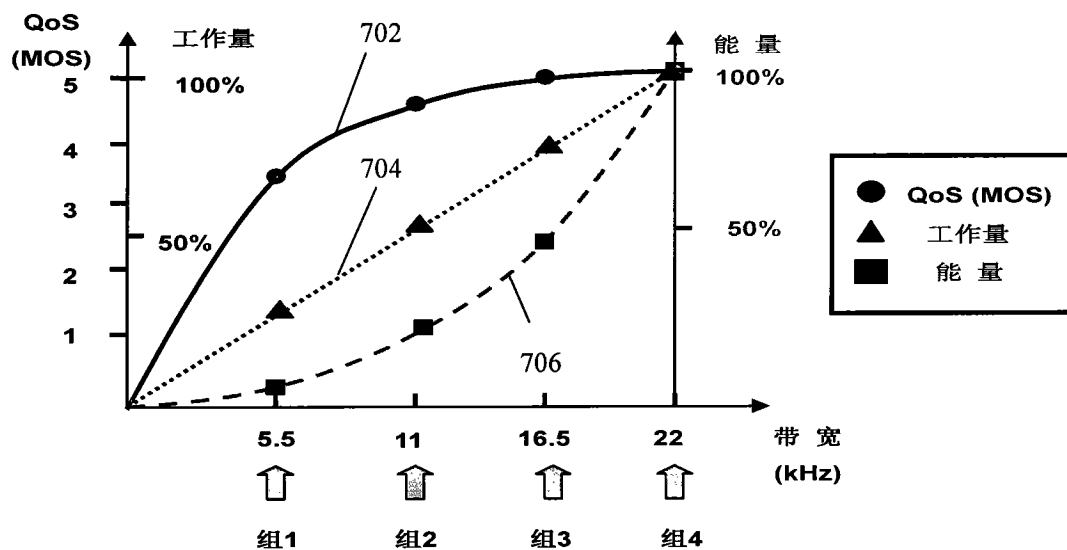


图 7

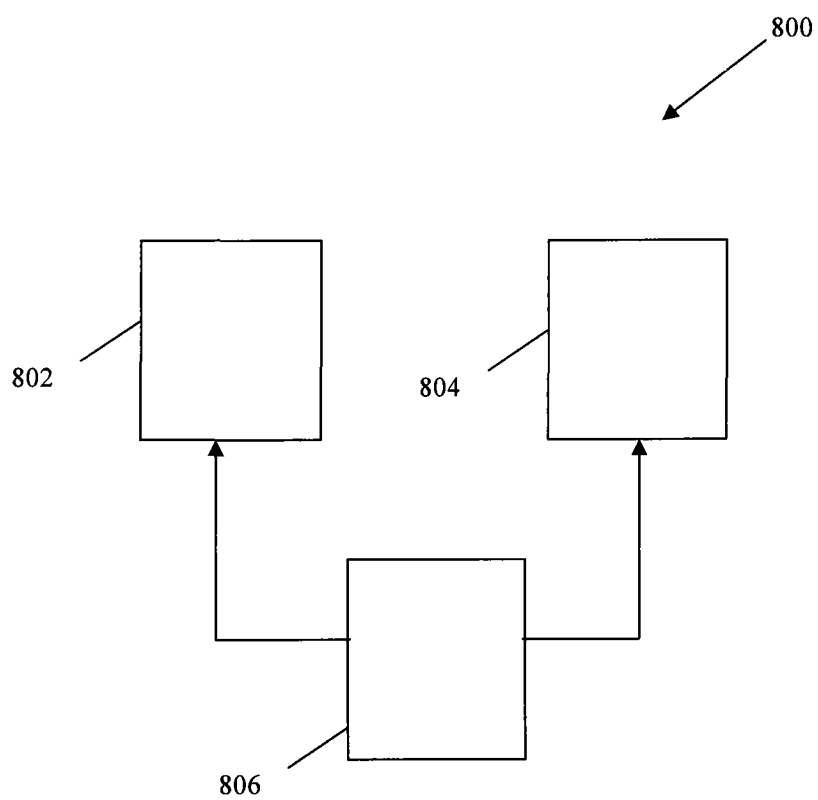


图 8

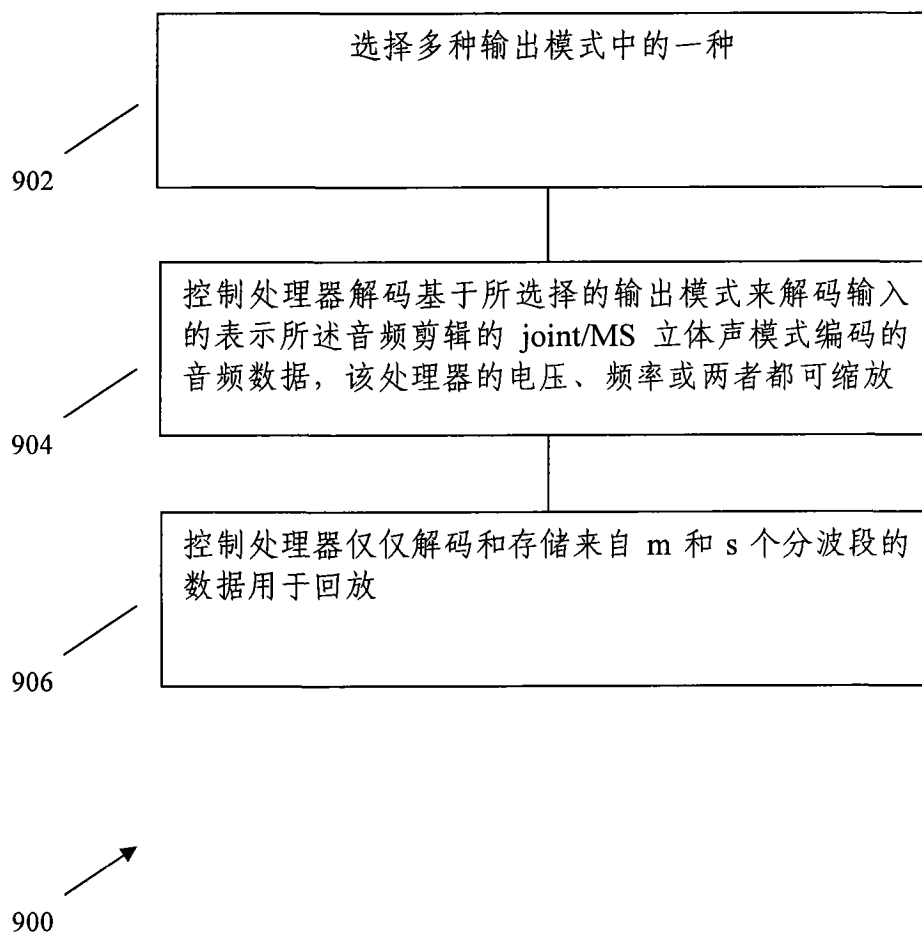


图 9

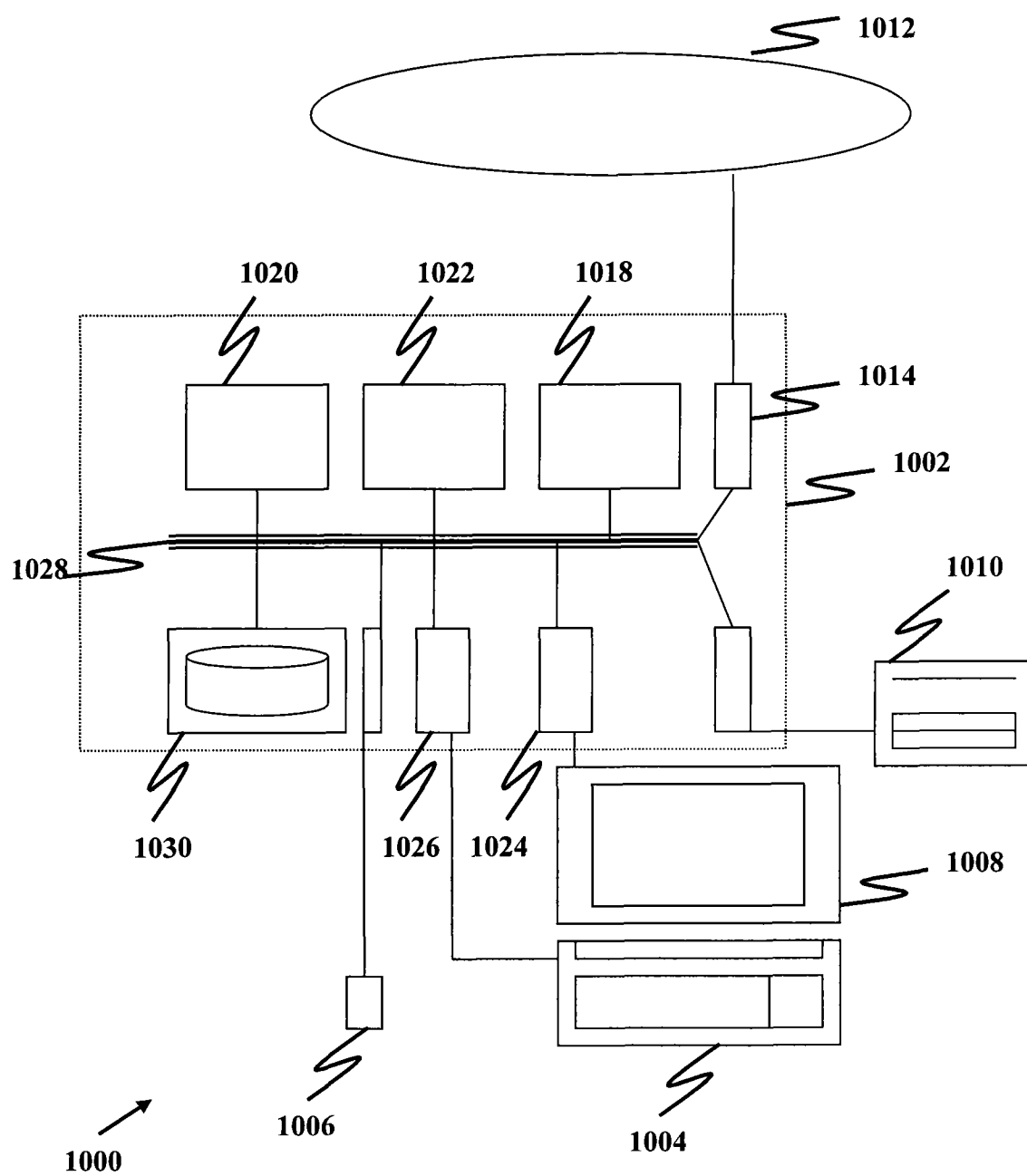


图 10