

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11B 20/10 (2006.01)

G11B 5/035 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680041270.0

[43] 公开日 2008年11月5日

[11] 公开号 CN 101300634A

[22] 申请日 2006.11.30

[21] 申请号 200680041270.0

[30] 优先权

[32] 2005.12.8 [33] US [31] 11/298,386

[86] 国际申请 PCT/EP2006/069110 2006.11.30

[87] 国际公布 WO2007/065842 英 2007.6.14

[85] 进入国家阶段日期 2008.5.5

[71] 申请人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

[72] 发明人 E·埃莱夫特里乌 R·A·哈钦斯

J·耶利托 S·厄尔策尔

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 于静 李峥

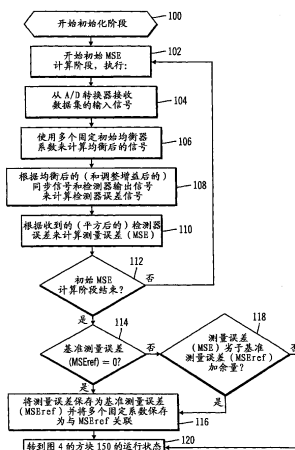
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 4 页

[54] 发明名称

使用测量误差来确定提供给均衡器的用于均衡输入信号的系数

[57] 摘要

提供了一种使用测量误差来确定提供给均衡器的用于均衡输入信号的多个系数的读取通道、存储驱动器和方法。将读取通道结合在存储设备内以处理从存储介质读取的多个信号。均衡器使用多个系数来均衡多个输入读取信号以产生多个均衡器输出信号。检测器处理多个调整后的均衡器输出信号，以确定包括由所述多个输入读取信号代表的数据的多个输出值。均衡器适配器被启用以提供基准测量误差和多个用于产生与所述基准测量误差关联的多个调整后的均衡器信号的系数。所述均衡器适配器计算用于均衡多个输入读取信号的导致所述检测器出现新测量误差的多个新的均衡器系数，并且计算所述多个新的均衡器系数的新测量误差。



1. 一种结合在存储设备内以处理从存储介质读取的多个信号的读取通道，所述读取通道包括：

均衡器，其使用多个系数来均衡多个输入读取信号以产生多个均衡器输出信号；

检测器，其处理多个调整后的均衡器输出信号以确定包括由所述多个输入读取信号代表的数据的多个输出值；以及

均衡器适配器，其被启用以执行以下操作：

提供一个基准测量误差和多个用于产生与所述基准测量误差关联的多个调整后的均衡器信号的系数；

计算用于均衡多个输入读取信号的导致所述检测器出现新测量误差的多个新的均衡器系数；

计算所述多个新的均衡器系数的新测量误差；

判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言是否降级；

保存所述多个新的均衡器系数和所述新测量误差，以响应判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言没有降级；以及

将与所述基准测量误差关联的多个均衡器系数提供给所述均衡器以用于均衡多个输入读取信号，以响应判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言被降级。

2. 如权利要求1中所述的读取通道，其中各测量误差基于多个调整后的均衡器输出信号和来自所述检测器的多个输出值；并且其中响应于判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言被降级，将停止均衡器自适应过程，并将多个固定的均衡器系数提供给所述均衡器以用于均衡所述多个输入读取信号，直到检测到数据集结束为止。

3. 如权利要求1或2中所述的读取通道，其中响应于检测到数据集结束和检测到所述新测量误差较之所述基准测量误差的改进，将保存所述多个新的均衡器系数并且将所述新测量误差保存为所述基准测量误差。

4. 如上述任一权利要求中所述的读取通道, 其中各测量误差包括作为到所述检测器的输入与来自所述检测器的输出的差而测量的多个均方误差值, 并且其中所述各测量误差对应于到所述检测器的输入处的信噪比。

5. 如上述任一权利要求中所述的读取通道, 其中所述均衡器适配器还被启用以执行以下操作:

对于初始测量误差计算阶段, 将多个固定系数提供给所述均衡器以用于均衡所述多个读取输入信号; 以及

根据所均衡的输入信号来计算所述测量误差。

6. 如上述任一权利要求中所述的读取通道, 其中根据使用多个固定系数均衡的多个输入信号来计算所述新测量误差, 其中所述均衡器适配器还被启用以执行以下操作:

响应于确定不存在基准测量误差值, 将所述新测量误差保存为所述基准测量误差并保存所述多个固定系数以用于均衡所述输入信号;

响应于在初始测量误差计算阶段使用所述多个固定系数, 判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言是否降级; 以及

响应于确定所述新测量误差的降级超出一定余量, 将所述新测量误差保存为所述基准测量误差并保存所述多个固定系数以用于均衡所述输入信号。

7. 如上述任一权利要求中所述的读取通道, 其中将执行计算多个新的系数、使用多个新的系数来均衡多个输入读取信号以产生多个均衡器输出信号, 以及判定新测量误差是否降级的操作, 直到检测到数据集结束为止, 其中所述均衡器适配器还被启用以执行以下操作:

响应于确定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言的降级超出一定余量, 判定是否停止均衡器自适应过程以及是否将多个固定系数提供给所述均衡器以用于均衡所述输入信号。

8. 如权利要求 7 中所述的读取通道, 其中所述均衡器适配器还被启用以执行以下操作:

判定所述新测量误差是否降级;

当所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言没有降级时，保存所述多个新的系数并将所述新测量误差保存为基准测量误差；以及

当所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言被降级时，重新加载多个先前的系数并将先前的测量误差重新加载为基准测量误差。

9. 如权利要求8中所述的读取通道，其中用户可设置参数指示是否在初始测量误差计算阶段使用所述多个固定系数以处理来自下一个数据集的多个输入信号。

10. 一种用于处理从存储介质读取的多个信号的方法，所述方法包括：
使用多个系数来均衡多个输入读取信号以产生多个均衡器输出信号；
处理多个调整后的均衡器输出信号以确定包括由所述多个输入读取信号代表的数据的多个输出值；

提供一个基准测量误差和多个用于产生与所述基准测量误差关联的多个调整后的均衡器信号的系数；

计算用于均衡多个输入读取信号的导致所述检测器出现新测量误差的多个新的均衡器系数；

计算所述多个新的均衡器系数的新测量误差；

判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言是否降级；

保存所述多个新的均衡器系数和所述新测量误差，以响应判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言没有降级；以及

将与所述基准测量误差关联的多个系数提供给均衡器以用于均衡多个输入读取信号，以响应判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言被降级。

使用测量误差来确定提供给均衡器的用于均衡输入信号的系数

技术领域

本发明涉及一种使用测量误差来确定提供给均衡器的用于均衡输入信号的系数的系统和设备。

背景技术

磁带盒中具有存储要保存并在以后读回的数据的磁带。磁带机将数据写入通常为—组平行磁道的磁带，并且磁带机随后读回数据。为了读回数据，磁带机通常包括：多个用于读取每个平行磁道的平行读取磁头、相对于读取磁头移动磁带以使读取磁头可以检测磁带上的磁信号的驱动系统，以及以数字方式对读取磁头所读出的磁信号进行采样并提供磁信号的数字采样的读取通道。然后将所述数字采样解码成数据位，并且将来自平行磁道的数据位组合成所保存的数据。读取通道通常需要均衡器，以使每个读取磁头补偿由于写入磁头、磁带以及读取磁头的磁记录特性导致的信号变化。磁带盒可以在各磁带机之间互换，从而使在一台磁带机上写入的磁带可以由另一台磁带机进行读取。读取磁头对以不同方式写入的磁带的响应变化可能导致所记录信号的读回变差以致变得不可接受。

磁带机中实现的自适应均衡器求解—组方程来查找减小期望幅度与实际幅度之间的误差的均衡器特征。因此，可以针对磁带在开始使用时对均衡器进行计算，也可以在使用期间多次重新计算。进而，期望幅度可能很难估计。因此在许多情况下，通过使用诸如同步信号或数据集分离器信号（而非随机数据信号）之类的具有已知特征的信号来最佳地估计期望幅度。

在磁带中，记录特征不仅随着磁道的不同而有所不同，而且可以沿一个或多个磁道以连续的方式变化。因此，选定的均衡器特征（尽管在磁带

的开头或者在某个特定磁道位置处符合要求)可能会在磁道的某个点处导致数据读取误差增加。进而,来自不同制造商的不同磁带机可能将数据集写入具有不同磁特性(即,不同信噪比)的磁带盒。此外,需要磁带机读取由若干不同供应商生产的磁带,其中所有磁带都具有略微不同的磁记录特性。再进一步地,数据集可能在多种环境条件下被写入磁带盒,这些条件与读取数据时的条件是不同的。

为了解决上述问题,可以使用最小均方(LMS)算法调整均衡器的系数,均衡器处理模数(A/D)转换器输出处的读回信号并提供对均衡器特征的连续调整。但是,在当前实施方式中,必须固定数量相对较多的均衡器抽头系数(tap coefficients),例如为30%-40%,以便确保自适应算法稳定的运算。这限制了均衡器充分适应变化条件的能力。如果在磁带机工作的环境中,数据集具有明显不同的磁报告特性,则希望使尽可能多的均衡器系数适应读回信号。

发明内容

在第一方面,本发明相应地提供了一种结合在存储设备内以处理从存储介质读取的多个信号的读取通道,所述读取通道包括:均衡器,其使用多个系数来均衡多个输入读取信号以产生多个均衡器输出信号;检测器,其处理多个调整后的均衡器输出信号以确定包括由所述多个输入读取信号代表的数据的多个输出值;以及均衡器适配器,其被启用以执行以下操作:提供一个基准测量误差和多个用于产生与所述基准测量误差关联的多个调整后的均衡器信号的系数;计算用于均衡多个输入读取信号的导致所述检测器出现新测量误差的多个新的均衡器系数;计算所述多个新的均衡器系数的新测量误差;判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言是否降级;保存所述多个新的均衡器系数和所述新测量误差,以响应判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言没有降级;以及将与所述基准测量误差关联的多个均衡器系数提供给所述均衡器以用于均衡多个输入读取信号,以响应判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言被降级。

优选地，各测量误差基于多个调整后的均衡器输出信号和来自所述检测器的多个输出值。

优选地，响应于判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言被降级，将停止均衡器自适应过程，并将多个固定的均衡器系数提供给所述均衡器以用于均衡所述多个输入读取信号，直到检测到数据集结束为止。

优选地，响应于检测到数据集结束和检测到所述新测量误差较之所述基准测量误差的改进，将保存所述多个新的均衡器系数并且将所述新测量误差保存为所述基准测量误差。

优选地，各测量误差包括作为到所述检测器的输入与来自所述检测器的输出的差而测量的多个均方误差值，并且其中所述各测量误差对应于到所述检测器的输入处的信噪比。

优选地，所述均衡器适配器还被启用以执行以下操作：对于初始测量误差计算阶段，将多个固定系数提供给所述均衡器以用于均衡所述多个读取输入信号；以及根据所均衡的输入信号来计算所述测量误差。

优选地，根据使用多个固定系数均衡的多个输入信号来计算所述新测量误差，其中所述均衡器适配器还被启用以执行以下操作：响应于确定不存在基准测量误差值，将所述新测量误差保存为所述基准测量误差并保存所述多个固定系数以用于均衡所述输入信号；响应于在初始测量误差计算阶段使用所述多个固定系数，判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言是否降级；以及响应于确定所述新测量误差的降级超出一定余量，将所述新测量误差保存为所述基准测量误差并保存所述多个固定系数以用于均衡所述输入信号。

优选地，将执行计算多个新的系数、使用多个新的系数来均衡多个输入读取信号以产生多个均衡器输出信号，以及判定新测量误差是否降级的操作，直到检测到数据集结束为止，其中所述均衡器适配器还被启用以执行以下操作：响应于确定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言的降级超出一定余量，判定是否停止均衡器自适应过程以及是否将多个固定系数提供给所述均衡器以用于均衡所述输入信号。

优选地，所述均衡器适配器还被启用以执行以下操作：判定所述新测量误差是否降级；当所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言没有降级时，保存所述多个新的系数并将所述新测量误差保存为基准测量误差；以及当所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言被降级时，重新加载多个先前的系数并将先前的测量误差重新加载为基准测量误差。

优选地，用户可设置参数指示是否在初始测量误差计算阶段使用所述多个固定系数以处理来自下一个数据集的多个输入信号。

优选地，所述测量误差基于所述检测器的输入与输出的差，并且其中使用所述检测器的输出来计算所述多个新的系数。

在第二方面，提供了一种用于针对与其相连的存储介质执行输入/输出(I/O)操作的存储设备，所述存储设备包括：一个从所述存储介质读取数据的磁头；以及一个根据第一方面的读取通道。

在第三方面，提供了一种用于处理从存储介质读取的多个信号的方法，所述方法包括：使用多个系数来均衡多个输入读取信号以产生多个均衡器输出信号；处理多个调整后的均衡器输出信号以确定包括由所述多个输入读取信号代表的数据的多个输出值；提供一个基准测量误差和多个用于产生与所述基准测量误差关联的多个调整后的均衡器信号的系数；计算用于均衡多个输入读取信号的导致所述检测器出现新测量误差的多个新的均衡器系数；计算所述多个新的均衡器系数的新测量误差；判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言是否降级；保存所述多个新的均衡器系数和所述新测量误差，以响应判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言没有降级；以及将与所述基准测量误差关联的多个系数提供给均衡器以用于均衡多个输入读取信号，以响应判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言被降级。

优选地，响应于判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言被降级，将停止均衡器自适应过程，并将多个固定的均衡器系数提供给所述均衡器以用于均衡所述多个输入读取信号，直到检测到数据集结束为止。

优选地，响应于检测到数据集结束和检测到所述新测量误差较之所述

基准测量误差的改进，将保存所述多个新的均衡器系数并且将所述新测量误差保存为所述基准测量误差。

优选地，根据使用多个固定系数均衡的多个输入信号来计算所述新测量误差，还包括：响应于确定不存在基准测量误差值，将所述新测量误差保存为所述基准测量误差并保存所述多个固定系数以用于均衡所述输入信号；响应于在初始测量误差计算阶段使用所述多个固定系数，判定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言是否降级；以及响应于确定所述新测量误差的降级超出一定余量，将所述新测量误差保存为所述基准测量误差并保存所述多个固定系数以用于均衡所述输入信号。

优选地，将执行计算多个新的系数、使用多个新的系数来均衡多个输入读取信号以产生多个均衡器输出信号，以及判定新测量误差是否降级的操作，直到检测到数据集结束为止，还包括：响应于确定所述新测量误差相对于所述基准测量误差而言的降级超出一定余量，判定是否停止均衡器自适应过程以及是否将多个固定系数提供给所述均衡器以用于均衡所述输入信号。

提供了一种使用测量误差来确定提供给均衡器的用于均衡输入信号的多个系数的读取通道、存储驱动器和方法。将读取通道结合在存储设备内以处理从存储介质读取的多个信号。均衡器使用多个系数来均衡多个输入读取信号以产生多个均衡器输出信号。检测器处理多个调整后的均衡器输出信号，以确定包括由所述多个输入读取信号代表的数据的多个输出值。均衡器适配器被启用以提供基准测量误差和多个用于产生与所述基准测量误差关联的多个调整后的均衡器信号的系数。所述均衡器适配器计算用于均衡多个输入读取信号的导致所述检测器出现新测量误差的多个新的均衡器系数，并且计算所述多个新的均衡器系数的新测量误差。所述均衡器适配器判定所述新的测量误差相对于所述基准测量误差而言是否降级，并保存所述多个新的均衡器系数以及所述新的测量误差，以响应判定所述新的测量误差相对于所述基准测量误差而言没有降级。所述均衡器适配器将与所述基准测量误差关联的多个均衡器系数提供给均衡器以用于均衡多个输

入读取信号，以响应判定所述新的测量误差相对于所述基准测量误差而言被降级。

附图说明

现在将参考附图仅通过实例的方式描述本发明的优选实施例，其中：

图 1 示出了磁带机的实施例；

图 2 示出了磁带机中的读取通道的实施例；以及

图 3 和图 4 示出了确定提供给均衡器的系数的操作的实施例。

具体实施方式

在以下说明中参考附图描述了本发明的优选实施例，在所述附图中，相同的数字表示相同或类似的元素。虽然根据可以实现本发明目标的最佳方式描述了本发明，但是本领域的技术人员将理解，可以在不偏离本发明范围的情况下根据上述教导实现多种改变。

图 1 示出了磁带机 10 的实施例。所述磁带机提供了用于在磁带盒 12 的磁带 14 上读取和写入信息的装置。磁带盒中具有存储要保存并在以后读取的数据的磁带存储介质。进而，磁带盒可以在各磁带机之间互换，从而使在一台磁带机上写入的磁带可以由另一台磁带机进行读取。磁带盒 12 包括一段卷绕在轴 15 或 16 或两者上的磁带 14。

示出了单轴磁带盒 12，其实例为采用线性磁带开放协议 (LTO) 格式的磁带盒。磁带机 10 的实例为基于 LTO 技术的 IBM Ultrium 磁带机。单轴磁带机及其关联的磁带盒的进一步实例为 IBM 3592 TotalStorage Enterprise 磁带机及其关联的磁带盒。双轴磁带盒的实例为 IBM 3570 磁带盒及其关联的磁带机。在备选实施例中，可以使用的其他磁带格式包括数字线性磁带技术 (DLT)、数字音频磁带技术 (DAT) 等。

磁带机 10 包括一个或多个记录系统控制器 18 以根据在接口 12 处接收的来自主机系统 200 的命令来操作磁带机。控制器通常包括逻辑和/或一个或多个带有存储器 19 的微处理器，存储器 19 存储用于操作一个或多个微

处理器的信息和程序信息。可以通过到控制器 18 的输入(如软盘或光盘)、从磁带盒进行读取,或通过任何其他适合的方式经由接口 21 将程序信息提供给存储器。磁带机 10 可以包括独立单元或包括磁带库的一部分或其他子系统。磁带机 10 可以直接或通过库、网络与主机系统 20 相连,并且在接口 21 处采用小型计算机系统接口(SCSI)、光纤通道接口等。磁带盒 12 可以插入磁带机 10 并由磁带机进行加载,以便当旋转轴 15、16 的电机 25 纵向移动磁带时,记录系统的一个或多个读取磁头和/或写入磁头 23 可以在磁带 14 上读和/或写形式为信号的信息。磁带通常包括多个平行磁道或多个磁道组。在诸如 LTO 格式之类的特定磁带格式中,如本领域技术人员公知的,磁道以单独卷绕的往复螺旋形式排列。本领域技术人员还公知的是,记录系统可以包括卷绕控制系统 27,以电子地切换到另一组读取磁头和/或写入磁头,和/或在磁带的横向方向上查找和移动读取磁头和/或写入磁头 23,在期望卷绕处定位磁头,以及在某些实施例中,跟随期望的卷绕。所述卷绕控制系统还可以通过电机驱动器 28 控制电机 25 的运行,两者都响应控制器 18 的指令。

如本领域技术人员公知的,控制器 18 还提供从磁带读取数据以及向磁带写入数据的数据流和格式器,其中采用了缓冲器 30 和读/写通道 32。

磁带机 10 系统还包括电机 25 和轴 15、16 以相对于读取磁头(多个)移动磁带 14,从而使读取磁头(多个)可以检测磁带上的磁信号。读/写通道 32 的读取通道以数字方式对读取磁头(多个)所检测的磁信号进行采样,从而提供磁信号的数字采样以进一步处理。

图 2 示出了图 1 中的读/写通道 32 的读取通道部分的实施例,其中包括使用测量误差调整均衡器所用的系数的均衡器适配器实施例。在读取通道可以同时读取多个平行磁道的实施例中,读/写通道 32 可以包括多个读取通道,其中可以共享某些组件。

图 2 示出了读取通道 50 的某些(而非全部)组件的实施例,以便提供由读取磁头 23 所读出的各磁信号的多个数字采样。均衡器 52 从模数转换器(ADC)(未示出)接收信号 54,所述转换器将从磁带读取的模拟信号

转换为可以由均衡器 52 处理的数字采样。在一个实施例中，均衡器 52 可以包括具有可调抽头系数的有限脉冲响应 (FIR) 滤波器。均衡器 52 处理数字采样以在均衡器输出处得到期望的信号特征，从而补偿由于写入磁头、磁带以及读取磁头的磁记录特性而导致的信号差异。所述处理基于一系列采用可以由均衡器适配器 56 进行自适应的抽头系数的特定功能。由均衡器 52 输出的均衡后的数字采样被提供给包括定时电路的插入器 58，以提供由位或符号间隔 (symbol interval) 所分隔的信号采样。

确定各磁信号的信息内容需要确定各磁信号的磁转变的时间或位置。通常，相对于用于在磁带上写入数据的时钟异步地获取各采样信号 54。插入器 58 将各异步采样插入一组可被认为与写入时钟或与磁带记录转变位置同步的采样中。定时控制组件 60 可以包括相位误差产生逻辑、锁相环 (PLL) 以及相位内插逻辑，以便导出插入器 58 提供同步采样的基准。可以包括定制设计的逻辑电路的可变增益放大器电路 (VGA) 62 调整来自插入器 58 的信号的增益，以将增益调整后的同步信号 70 的采样缩放到最佳级别。

检测器 64 从 VGA 62 接收增益调整后的同步信号 70 以确定各数字采样所表示的数据信息。由一系列检测的位 (即 0 或 1) 表示的所确定的数据信息被输出为信号 65 以供进一步处理。在一个实施例中，检测器 64 可以是其他逻辑确定数据信息时所遵循的阈值器件。除了确定数据信息之外，检测器 64 还可以使用阈值器件来产生对已同步和已调整增益的均衡器输出信号的估计，并将此估计提供为输出值 68。在另一实施例中，检测器 64 可以是序列检测器。此序列检测器可以提供数据信息，并且可以额外使用 (试验性的) 来自检测器格栅 (trellis) 的决策来产生对已同步和已调整增益的均衡器输出信号的估计，并将此估计提供为输出值 68。类似地，序列检测器可以使用 (试验性的) 来自检测器格栅中其他位置的决策来产生对已同步和已调整增益的均衡器输出信号的另一估计，并将此估计提供为输出值 69。将来自检测器 64 的输出值 68 (即，对期望值的估计) 以及增益调整后的同步信号 70 提供给计算误差信号的增益控制 66 来调整 VGA 电

路 62。类似地，检测器 64 的输出值 68 以及增益调整后的同步信号 70 被定时控制 60 用于调整插入器 58。进而，将检测器 64 的输出值 68 以及增益调整后的同步信号 70 提供给均衡器适配器 56 的最小均方 (LMS) 计算组件 74，来产生误差信号以调整均衡器 52 所用的多个系数。在备选实施例中，LMS 计算 74 可以使用检测器输出 68 和插入器 58 的输出来确定用于调整多个系数的误差。

均衡器适配器 56、增益控制 66 以及定时控制 60 所计算的误差信号是确定了误差的幅度和方向的带符号值。与幅度无关的误差信号的简单版本可以只是使用误差信号的符号来指示误差的方向。

在一个实施例中，均衡器 52 可以通过使用有限脉冲响应 (FIR) 滤波器来调整输入信号 54，从而根据 LMS 计算 74 所提供的由误差信号调整的系数 ($C_{i,n}$) 来产生输出 (Z_n)，所述误差信号包括检测器输出 68 (期望值) 与增益调整后的同步信号 70 或与插入器 58 输出的差。方程 (1) 描述了使用来自输入 54 的 N 个采样 (X_{n-i}) 和 N 个滤波器系数 ($C_{i,n}$) 生成均衡后的信号 (Z_n)。所述系数 ($C_{i,n}$) 包括表示时间周期的下标 n 和表示系数个数的下标 i ，

$$Z_n = \sum_{i=0}^{N-1} c_{i,n} x_{n-i} \quad (1)$$

均衡器适配器 56 根据从检测器输出 68 和增益调整后的同步信号 70 (或插入器 58 的输出) 计算的误差信号 (e_n) 来调整系数 ($C_{i,n}$)。可编程参数 (α) 控制系数收敛的速度，即 α 越大，收敛的速度越快。在一个实施例中，LMS 计算 74 通过使用下面方程 (2) 中示出的 LMS 算法来计算调整后的系数 ($C_{i,n}$)。均衡器 52 然后在方程 (1) 中使用已调整的系数来计算均衡后的信号 (Z_n)。

$$c_{i,n+1} = c_{i,n} - \alpha e_n x_{n-i}, \text{ 其中 } i=0, 1, \dots, N-1 \quad (2)$$

在特定实施例中，由于均衡器与定时控制循环之间存在少量交互作用，

因此可能需要约束 LMS 计算 74 以避免出现可能的误收敛问题。可以通过固定（即，不调整）某些均衡器系数 ($C_{i,n}$) 来实现此目的。下面的方程 (3) 示出了如何计算系数 ($C_{i,n}$)，以便在特定系数的下标 (i) 是固定系数集 (I) 的成员时，将这些特定系数固定为它们的当前值。

$$c_{i,n+1} = \begin{cases} c_{i,n} - \alpha e_n x_{n-i} & , i \in I \\ c_{i,n} & , i \notin I \end{cases} \quad (3)$$

因此，如果系数是固定系数集 (I) 的成员，则根据上一个时间周期 (n)，将时间周期 ($n+1$) 的系数 $C_{i,n+1}$ 设置为系数 $C_{i,n}$ ，即将抽头系数固定。如果系数 ($C_{i,n}$) 不是固定系数集的成员，则调整此系数。读取通道 50 的设计者可以根据经验的测试来确定要固定的系数数目。

均衡器适配器 56 还包括均方误差 (MSE) 计算组件 76，组件 76 用于从包括输出 69 与调整增益后的同步信号 70 的差的误差信号 78 来计算 MSE。MSE 控制 80 使用测量的 MSE 值来确定是使用从 LMS 计算 74 最近算出的系数，还是重用先前算出的旧系数。根据下面的方程 (4)，可以将 MSE 计算为检测器误差信号 78 (err) 的平方值的平均值：

$$mse(n) = a \cdot err^2(n) + (1-a) \cdot mse(n-1). \quad (4)$$

$mse(n-1)$ 指示上一个时间周期的 MSE 值，($err(n)$) 提供了当前的检测器误差信号 78。变量 (a) 包括定义误差平均运算的时间常数的加权因子，并且可以包括 $1/1024 = 0.00098$ 。MSE 表示逆信噪比 (SNR)，这样，如果 MSE 减小，则均衡器适应性会提高，如果 MSE 增加，性能便会降低。

图 3 和图 4 示出了由各均衡器适配器组件 56 (包括 MSE 控制 80) 在确定提供给均衡器 52 以调整输入信号 54 的各系数时所执行的操作的实施例。图 3 示出了 MSE 控制 80 在初始化阶段执行的确定对 MSE 的初始估计 (其适合选择提供给均衡器 52 的尽可能最佳的均衡器系数) 的操作的实施例。如上所述，MSE 和 SNR 反映了提供给检测器 64 的调整增益后的同步信号 70 的质量。可以在开始读取数据时或从磁带介质读取新的数据集以确定对测

量误差（例如 MSE）的初始估计时执行图 3 的初始化阶段。响应于开始初始化阶段（在方块 100），MSE 计算阶段开始（在方块 102）以执行以下操作。MSE 计算阶段可以执行与读取固定数目的输入信号 54 关联的固定数目的周期。在接收到（在方块 104）输入信号 54 时，MSE 控制 80 为均衡器 52 提供用于计算（在方块 106）均衡后的信号的固定（初始）抽头系数。在根据输出 69 与使用固定系数均衡的调整增益后的同步信号 70 的差来计算（在方块 108）检测器误差信号 78 时，MSE 计算 76 根据检测器误差信号 78 计算（在方块 110）测量误差（MSE）。

如果（在方块 112）尚未到达初始测量误差（MSE）计算阶段的结尾，控制将继续（在方块 112）返回到方块 102。在一个实施例中，可以通过计算对已用于初始计算阶段循环的周期数进行计数的计数器值来确定初始测量误差（MSE）计算阶段的结尾。如果计数器达到预定的最大值，则假定初始 MSE 计算收敛并且宣告初始测量误差（MSE）计算阶段结束。如果达到初始 MSE 计算阶段的结尾，则控制继续到方块 114。

如果（在方块 114）保存的基准测量误差（MSE_{ref}）为零，即计算的初始 MSE 是首个计算的 MSE，则将在方块 110 提供的测量误差（MSE）保存（在方块 116）为基准测量误差（MSE_{ref}），并将固定均衡器系数保存为与基准测量误差（MSE_{ref}）关联。在一个实施例中，如果（在方块 118）最新的测量误差（MSE）变得更差，即大于基准测量误差（MSE_{ref}）加某个 MSE 余量（增量）（这意味着由均衡器 52 输出导致的 SNR 降级的程度超过 MSE 余量），则控制继续到方块 116 以将最新的测量误差（MSE）保存为基准测量误差（MSE_{ref}），并将固定系数保存为与该更新的基准测量误差（MSE_{ref}）关联，以便处理新数据集中出现的变化的 SNR 条件。如果测量误差（MSE）未降级或将最新的测量误差（MSE）保存为基准测量误差（MSE_{ref}）之后，控制继续到图 4（在方块 120）中的方块 150，以在运行时模式下调整要提供给均衡器 52 的系数。

图 4 示出了均衡器适配器 56 在运行时模式下执行以便为均衡器 52 提供用于均衡输入信号 54 的系数的操作的实施例。在方块 150，LMS 算法

74 根据调整增益后的同步信号 70 (或插入器 58 的输出信号) 以及检测器 64 的输出值 68 来计算新的系数。均衡器 52 使用 (在方块 152) 新的均衡器系数来调整输入信号 54, 以产生插入器 58 要发送到检测器 64 的均衡后的信号。在根据输出 69 与调整增益后的同步信号 70 的差来计算 (在方块 154) 检测器误差信号 78 时, MSE 计算 76 根据检测器误差信号 78 计算 (在方块 156) 测量误差 (MSE)。如果 (在方块 158) 测量误差 (MSE) 变得更差, 即 MSE 大于基准测量误差 (MSE_{ref}) 加某个 MSE 余量 (增量), 则 LMS 自适应过程停止并且固定当前的均衡器系数并将此系数用于均衡输入信号 54 (在方块 160)。如果 (在方块 162) 检测到数据集的结尾 (这可能包括在磁带机中生成信号), 则控制继续到 MSE 控制 80, 后者重新加载 (在方块 164) 先前保存的与当前基准测量误差 (MSE_{ref}) 关联的均衡器系数以供均衡器 52 使用。否则, 将使用当前的固定均衡器系数来均衡输入信号 54 (在方块 160)。

如果 (在方块 158) 测量误差信号尚未恶化到超出某个余量 (增量) 并且如果 (在方块 166) 检测到数据集的结尾 (这可能包括在磁带机中生成信号), 则判定 (在方块 168) 在数据集结尾处的测量误差 (MSE) 是否劣于基准测量误差 (MSE_{ref}), 即均衡器性能降级。如上所述, 如果当前的测量误差 (MSE) 大于基准测量误差 (MSE_{ref}), 则可以将 SNR 判定为降级。

如果 (在方块 168) 测量误差 (MSE) 未降级, 则 MSE 控制 80 将测量误差 (MSE) 保存 (在方块 170) 为新的基准测量误差 (MSE_{ref}), 并将新的均衡器系数保存为与新的基准测量误差 (MSE_{ref}) 关联。

如果 (在方块 168) 测量误差 (MSE) 已降级, 即测量误差 (MSE) 大于基准测量误差 (MSE_{ref}), 则 MSE 控制 80 将重新加载 (在方块 164) 先前保存的与当前基准测量误差 (MSE_{ref}) 关联的均衡器系数以供均衡器 52 使用。以此方式, 将使用具有尽可能好的测量误差 (MSE) 的系数。

如果 (在方块 170 或 164) 均衡器系数已被保存或者先前的系数已被重新加载, 则判定 (在方块 172) 是否要在下一个数据集开始时执行初始

化阶段以使用固定系数来重新初始化测量误差 (MSE) 值, 或者判定运行时模式是否在不重新初始化测量误差 (MSE) 值的情况下继续使 LMS 计算 74 计算要使用的新系数。在一个实施例中, 管理员可以设置变量以指示是继续运行时模式, 还是返回初始化阶段以重新计算在开始处理下一个数据集时使用的 MSE。例如, 如果管理员判定数据集可能由不同的磁带机写入或在不同的环境条件下写入, 则管理员可以选择在每个数据集开始时进行初始化以根据预期的新条件重新初始化基准 MSE (MSE_{ref})。在此情况下, 控制继续到图 3 中的方块 102 以便在下一个数据集开始时执行初始 MSE 计算。或者, 如果管理员判定可能使用同一磁带机并且环境条件保持相对不变, 则不重新计算基准测量误差 (MSE_{ref}) 是有利的。在此情况下, 控制直接继续到运行时模式 (在方块 150)。

所述各实施例提供了根据用于最新计算系数的已调整增益同步信号 70 的测量误差 (MSE) 是否导致性能降低, 来判定是使用先前计算的均衡器系数还是使用最新计算的均衡器系数以均衡读取输入信号的技术。

读取通道 50 和均衡器适配器 56 的所述各组件包括离散逻辑、ASIC (专用集成电路)、FPGA (现场可编程门阵列) 以及定制处理器等。

读取通道 50 的所述各组件以及根据图 3 和图 4 描述的均衡器适配器 56 的操作还可以在程序中的子例程或处理器执行的其他软件实施方式中实现。此类实施诸如图 3 和图 4 中所示操作的均衡器适配器电路 56 的操作的程序可以在计算机可读介质中实现, 所述计算机可读介质如磁存储介质 (例如, 硬盘驱动器、软盘、磁带等)、光存储装置 (CD-ROM、DVD、光盘等)、易失性和非易失性存储设备 (例如, EEPROM、ROM、PROM、RAM、DRAM、SRAM、闪存、固件、可编程逻辑等)。实施所述操作的代码还可以在硬件逻辑 (例如, 集成电路芯片、可编程门阵列 (PGA)、专用集成电路 (ASIC) 等) 中实现。

图 1 和图 2 中示为独立组件的各组件可以在单个电路装置中实施, 或者其中一个示出组件的功能可以在单独的电路装置中实施。

本领域技术人员将理解可对此处所示组件做出改变。进而, 本领域技

术人员将理解,可采用与此处所示的组件布置不同的其他特定的组件布置。

图3和图4中所示的操作示出了按照特定顺序发生的特定事件。在备选实施例中,可以按照不同的顺序执行特定的操作,可以修改或删除所述特定的操作。此外,可以向上述逻辑添加步骤并且仍与所述实施例一致。进而,此处所示的操作可以按照顺序发生或者可以并行处理特定的操作。进而,所述操作可以由单个处理单元或由分布式处理单元执行。

出于示例和说明目的给出了对本发明的各种实施例的上述描述,其并非旨在是穷举的或是将本发明限于所公开的精确形式。通过上述教导,许多修改和变化都是可能的。本发明的范围并非由此详细描述限制,而是由以下所附的权利要求限制。上述说明书、实例和数据全面描述了本发明组成部分的生成和使用。由于可以在不偏离本发明范围的情况下生成本发明的多个实施例,因此本发明在下面所附的权利要求的范围之内。

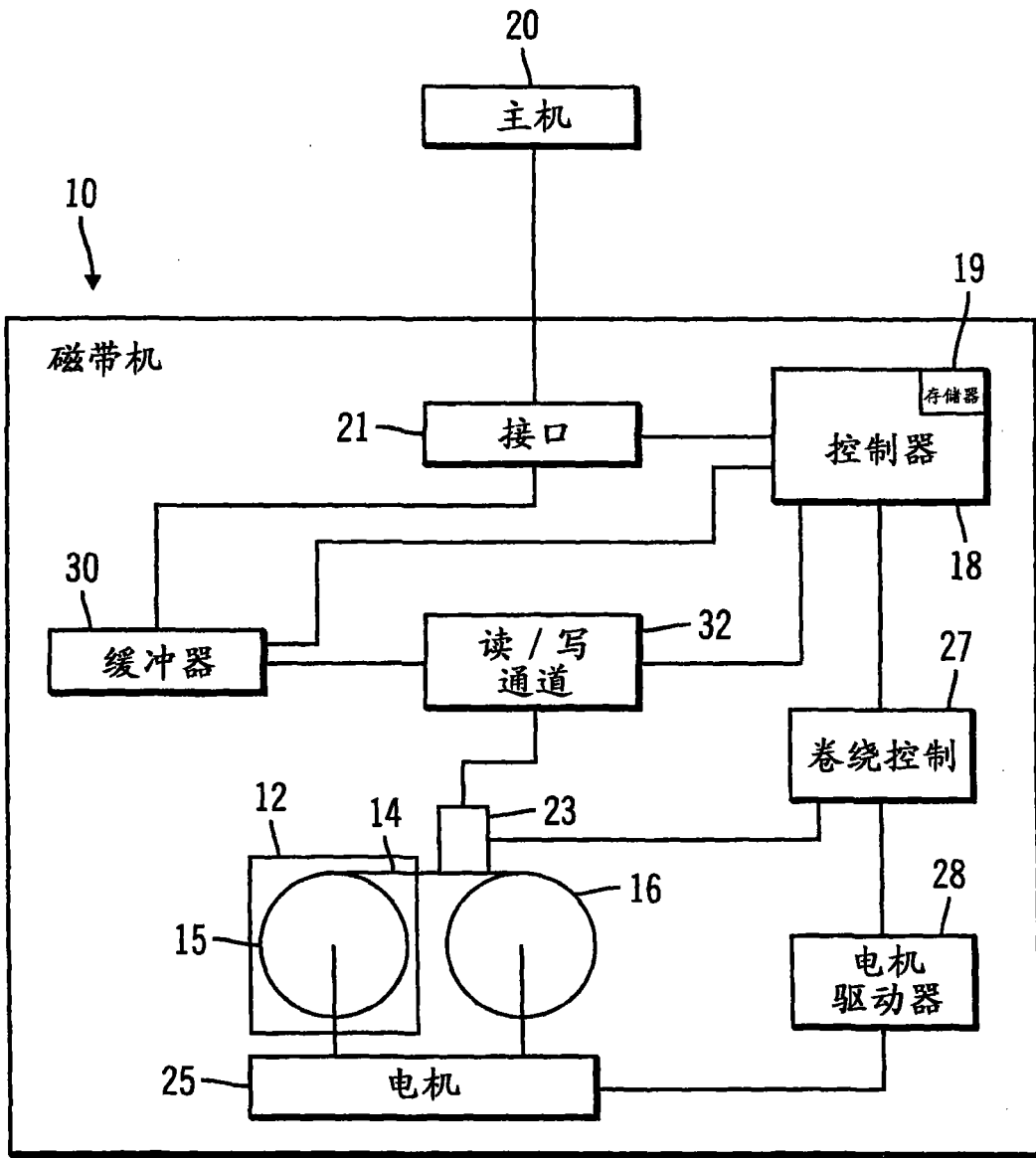


图 1

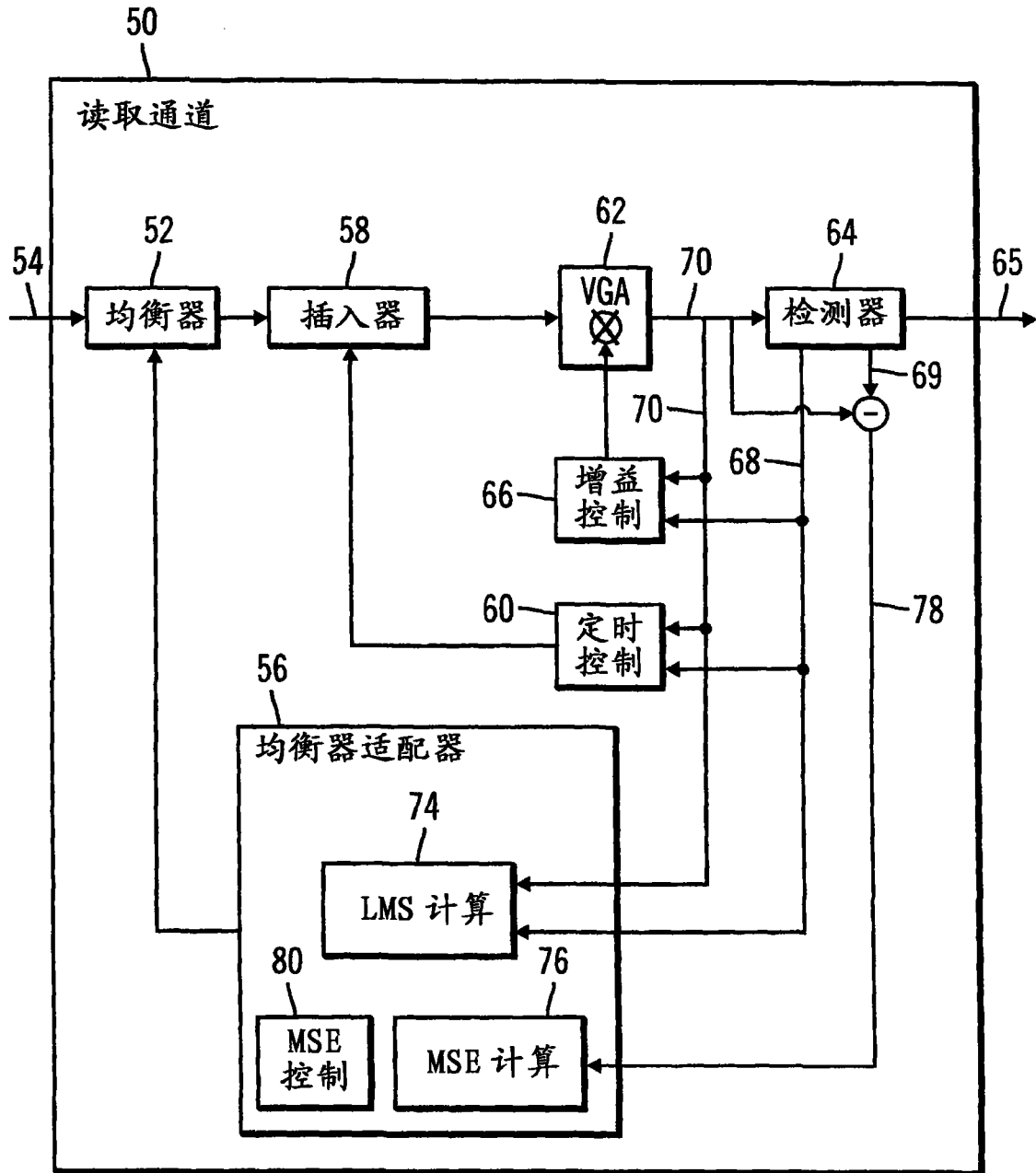


图 2

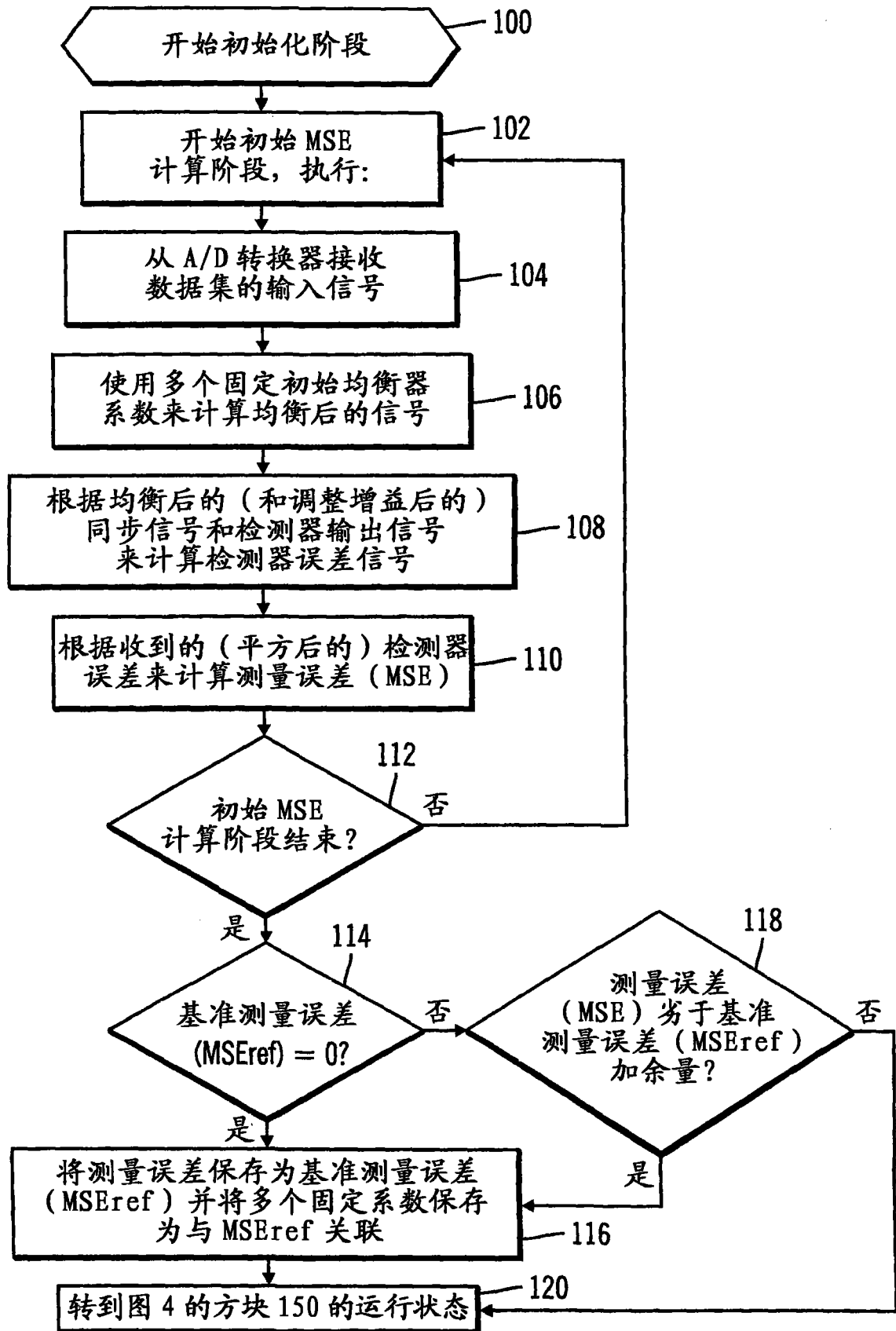


图 3

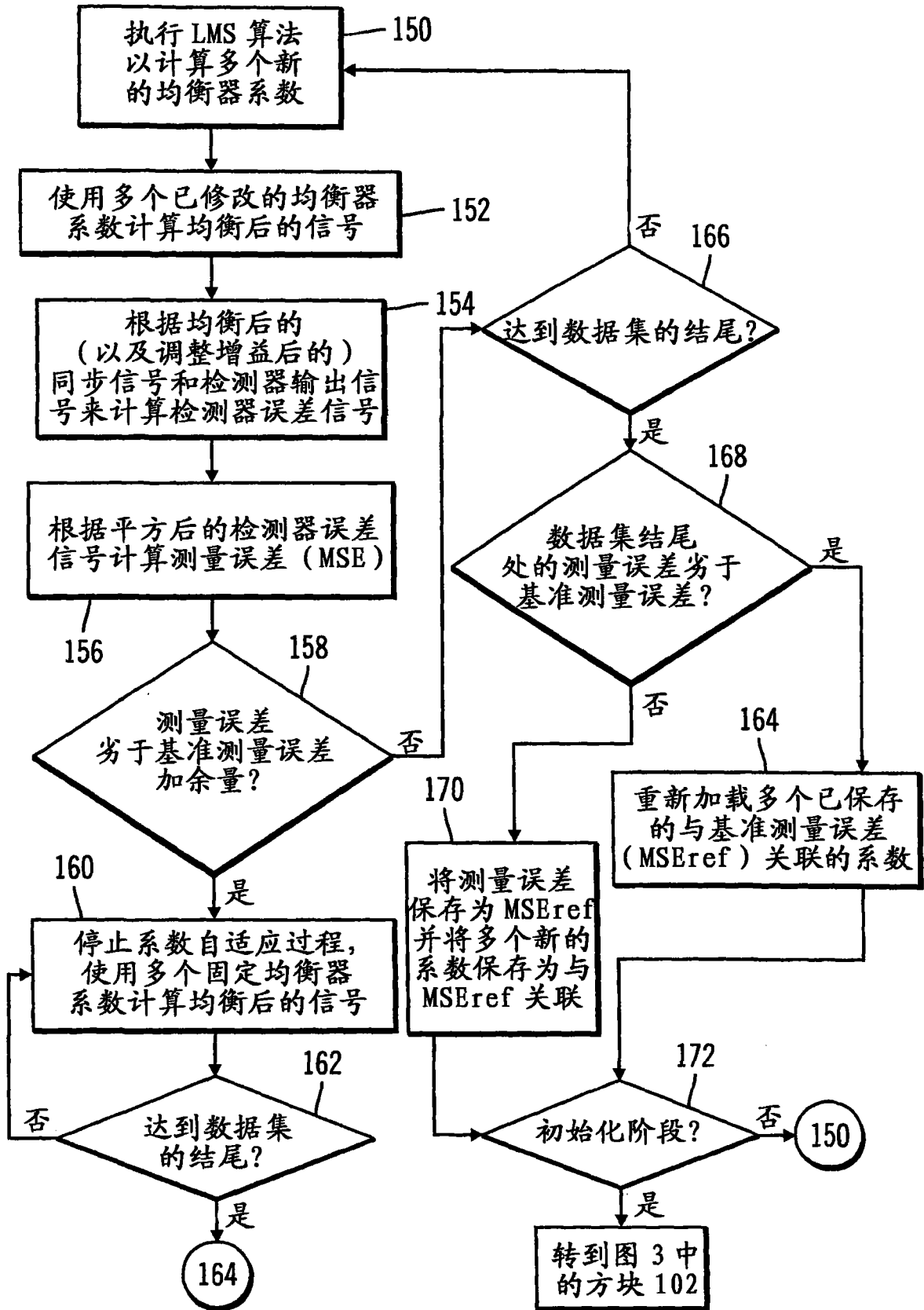


图 4