



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107818331 A

(43)申请公布日 2018.03.20

(21)申请号 201710816657.9

(22)申请日 2017.09.12

(30)优先权数据

15/262406 2016.09.12 US

(71)申请人 特克特朗尼克公司

地址 美国俄勒冈州

(72)发明人 I.R.阿布舍尔 K.M.斯特隆

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 黄涛 杜荔南

(51)Int.Cl.

G06K 9/62(2006.01)

G06N 99/00(2010.01)

G01R 13/00(2006.01)

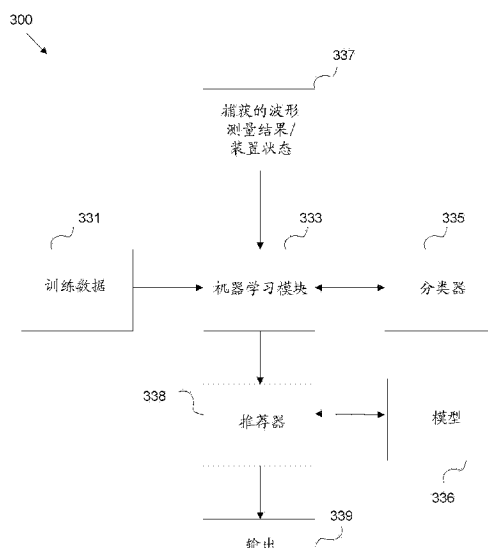
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

基于检测到的波形类型推荐测量

(57)摘要

一种示波器包括：用于接收训练数据的输入端口，训练数据包括波形和对应的已知分类；和处理器，用于基于训练数据训练多个分类器。训练包括把每个分类器迭代地应用于训练数据的每个波形以获得对应的预测波形分类，并且将预测波形分类与已知分类进行比较。当预测波形分类与已知分类不匹配时校正分类器。利用建议的测量或动作构建针对每个分类的模型。随后，实时波形数据由示波器捕获并且分类器被应用到实时数据。当针对单个分类的置信度值超过阈值时，波形数据被分类，并且建议的测量或动作基于所述分类在示波器中被实现。



1. 一种测试和测量仪器,包括:
输入端口,被配置为接收测量数据;
处理器,耦合到所述输入端口并且被配置为:
把多个分类器应用到所述测量数据以确定所述测量数据的分类;
选择与所述分类对应的模型,所述模型与一个或多个建议的测量对应;和
把测试和测量仪器配置为:当捕获到通过所述输入端口接收的波形时采用与所述选择的模型对应的建议的测量。

2. 根据权利要求1所述的测试和测量仪器,其中,所述多个分类器包括至少一个决策森林,并且其中当由所述决策森林输出的置信度值超过分类器的置信度阈值时所述决策森林确定测量数据的分类。

3. 根据权利要求1所述的测试和测量仪器,其中,所述多个分类器采用多个机器学习算法,其中指定的机器学习算法被选择用于对特定波形类型进行分类。

4. 根据权利要求1所述的测试和测量仪器,其中,所述分类器通过检查信号幅度、时间特性、抖动或功率来确定测量数据的分类。

5. 根据权利要求1所述的测试和测量仪器,其中,与所述分类对应的所述模型指示通过所述输入端口到来的波形的类型。

6. 根据权利要求1所述的测试和测量仪器,其中,与所述分类对应的所述模型指示连接到所述输入端口的总线。

7. 根据权利要求1所述的测试和测量仪器,还包括显示器,其中所述处理器还被配置为通过改变所述显示器以启用或禁用用户选择来建议与所述选择的模型对应的动作。

8. 根据权利要求1所述的测试和测量仪器,其中所述处理器还被配置为在没有直接用户交互的情况下发起建议的动作。

9. 一种用于训练测试和测量仪器以建议测量方法,所述方法包括:
经由输入端口接收训练数据,训练数据包括波形和对应的已知分类;和
通过如下方式经由处理器基于所述训练数据训练多个分类器:
把每个分类器迭代地应用于训练数据的每个波形,以获得对应的预测波形分类;
将预测波形分类与所述已知分类进行比较;以及
对输出与对应的波形的已知分类不匹配的预测波形分类的每个分类器进行校正。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中所述分类器包括决策森林,并且其中训练所述分类器涉及在决策森林中使决策树生长。

11. 根据权利要求10所述的方法,还包括:针对每个分类器存储置信度阈值,所述置信度阈值指示决策森林中输出积极分类从而导致针对对应分类器的积极分类的决策树的最小百分比。

12. 根据权利要求9所述的方法,还包括:采用波形的训练数据的交叉验证来进一步校正所述分类器。

13. 根据权利要求9所述的方法,还包括:在每个分类器上采用特征选择以通过去除不可用于对应分类的输入来减少一组对应的分类器输入。

14. 根据权利要求13所述的方法,还包括:针对每个模型存储一组一个或多个建议的动作,所述建议的动作包括在测量数据与对应于所述模型的分器的分类相匹配时由测试和

测量系统执行的指令。

15. 根据权利要求9所述的方法,还包括:

接收与测量的波形或总线输入对应的测量数据;

将每个分类器应用于测量数据,以确定测量的波形的分类;

选择与返回确定的分类的分类器相对应的模型,所述模型与针对所述分类器的一个或多个建议的测量相对应;以及

把所述测试和测量仪器配置为:当捕获到所述测量的波形时采用与选择的模型对应的所述建议的测量。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中确定测量的波形的分类包括针对每个分类器产生置信度值,以及其中,当单个分类器产生超过存储的置信度阈值的置信度值时所述分类被确定。

基于检测到的波形类型推荐测量

技术领域

[0001] 本公开涉及用于示波器操作的系统和方法,并且更具体地,涉及用于检测输入波形类型和建议用于示波器的对应测量设置的系统和方法。

背景技术

[0002] 测试和测量系统被设计用于接收信号输入、对信号采样以及将结果显示为波形。可以采用各种设置来控制采样方式、取得的样本的性质以及显示波形的方式。一些先进的测试和测量系统包括大量的潜在控制设置,并且许多此类设置仅对特定输入类型有用。因此,先进型号可能会使用户难以应付选择,同时使相关设置非常难以找到。

[0003] 已采用各种方法来对付复杂控制界面所固有的可用性问题。例如,通常使用的测量可以放置在显示的顶部以便于访问。然而,这种方法不是情境敏感的,并且对于一些用户来说常用的测量可能对其他用户来说不常用。另一种方法涉及自动将潜在的测量添加到显示画面,但是这种方法不适合接收到的波形,并且可能包含过于一般或不相关的信息。再另一种方法允许用户选择测量的波形的快照窗口,并且显示与窗口相关的所有测量,包括相关数据和不相关数据。这种方法仍然需要用户筛选不相关信息,以便为到来的波形找到有用的测量选项。

[0004] 本发明的实施例解决了这些和其他问题。

发明内容

[0005] 所公开主题的实施例包括示波器,示波器被配置为采用机器学习来把到来的波形和/或附接的总线进行分类并且基于分类来建议测量或其他动作。示波器经历学习阶段,其中多个分类器接收训练数据,训练数据表示特定波形或总线以及已知分类。分类器被应用于训练数据,并且当分类器输出的分类根据已知分类为不正确时,校正分类器。也可以针对每个分类器存储置信度阈值。针对每个分类器生成对应的模型,并向每个模型添加建议的测量和/或动作。此外,可以在每个分类器上采用特征选择以通过去除不可用于对应分类的输入来减少一组分类器输入。也可采用交叉验证来增加分类器的准确度。这种机器学习可以针对每个制造的示波器发生,或者可以针对主示波器发生,其结果在制造点被加载到多个示波器中。在运行时间,示波器接收到来的波形,并将每个分类器应用于到来的波形。每个分类器返回针对对应分类的置信度值。如果单个分类器返回超过分类器置信度阈值的置信度值,则波形已被正确分类。所述分类被转发到推荐器,推荐器获得与分类相关联的模型,并实现任何建议的测量或动作。

[0006] 因此,在至少一些方面中,测试和测量仪器包括:输入端口,被配置为接收测量数据;和处理器,耦合到输入端口。处理器被配置为将多个分类器应用于测量数据以确定测量数据的分类。处理器还选择与分类对应的模型,其中所述模型对应于建议的测量。此外,处理器将测试和测量仪器配置为:当捕获到通过输入端口接收的波形时,采用与所选择的模型对应的建议的测量。

[0007] 在另一方面,公开了一种用于训练测试和测量仪器以建议测量的方法。该方法包括经由输入端口接收训练数据,所述训练数据包括波形和对应的已知分类。通过迭代地将每个分类器应用于训练数据的每个波形以获得对应的预测波形分类来经由处理器基于训练数据训练多个分类器。训练还包括将预测波形分类与已知分类进行比较,以及校正输出与对应波形的已知分类不匹配的预测波形分类的每个分类器。

[0008] 以下本文中更详细地讨论这些和其它方面。

附图说明

[0009] 图1是包括示波器的测试系统的实施例的框图,该示波器被配置为接受来自被测装置(DUT)的多个输入信号。

[0010] 图2是示波器的实施例的框图。

[0011] 图3是测试和测量系统的实施例的框图,该测试和测量系统被配置为采用机器学习来分类波形并建议对应的测量和动作。

[0012] 图4是图示包括分类器和模型数据对象的机器学习对象的实施例的框图。

[0013] 图5是图示在测试和测量系统中实现学习阶段的方法的实施例的框图。

[0014] 图6是图示在测试和测量系统中实现评估阶段的方法的实施例的框图。

具体实施方式

[0015] 本公开的各方面容许各种修改和替代形式。特定方面作为示例在附图中示出,并且在下文中被详细描述。然而,应当注意,为了清楚讨论的目的呈现了本文公开的示例,并且本文公开的示例不旨在将所公开的一般概念的范围限制于本文所述的特定实施例,除非明确限制。因此,本公开旨在覆盖根据附图和权利要求的所描述的各方面的所有修改、等同和替代。

[0016] 说明书中对实施例、方面、示例等的提及指示所描述的项目可以包括特定特征、结构或特性。然而,每个公开的方面可以或可以不必包括该特定特征、结构或特性。此外,除非特别指出,否则这样的短语不一定指代同一方面。此外,当结合特定方面描述特定特征、结构或特性时,可以结合另一公开的方面采用这种特征、结构或特性,无论这种特征是否结合这种其它公开的方面被明确描述。

[0017] 在一些情况中,可以在硬件、固件、软件或其任何组合中实现所公开的方面。所公开的方面也可以被实现为由一个或多个临时性或非临时性机器可读(例如,计算机可读)存储介质携带或存储在其上的指令,该指令可由一个或多个处理器读取和执行。机器可读存储介质可以被体现为用于存储或传送机器可读形式的信息的任何存储装置、机构或其他物理结构(例如,易失性或非易失性存储器、介质盘或其他介质装置)。

[0018] 图1是包括示波器110的测试系统100的实施例的框图,示波器110被配置为接受一个或多个输入信号作为测量数据125,例如用于测试来自被测装置(DUT)121的信号。DUT121可以是配置为经由电和/或光信号进行通信的任何信号源。例如,DUT121可以包括经由一个或多个信号探针耦合的任何形式的传送器或信号传送介质。DUT121可以传送作为输入信号的各种各样的波形,该波形可以由示波器110作为测量数据125测量,这在下面更全面地讨论。例如,波形可以按照如下各项的形式被传送:正弦波、方波、脉宽调制信号、上升沿信

号、下降沿信号、斜坡信号、直流 (DC) 信号、噪声信号、 $\sin(x)/x$ 信号 (其中 x 是可变值)、高斯信号、洛伦兹信号、指数上升信号、指数衰减信号、半正失信号、心脏信号等。DUT121 可以可选地经由总线 123 连接到示波器 110。总线 123 是在两点之间传送信号或数据的任何通信系统。许多类型的总线 123 采用特定通信协议。例如, 总线 123 可以配置为并行总线、串行外围接口 (SPI) 总线、内置集成电路 (I2C) 总线、通用串行总线 (USB)、本地互连网络 (LIN) 总线、控制器区域网络 (CAN) 总线、音频总线、航空无线电 (Aeronautical Radio) 公司数据传送标准 429 (ARINC429) 总线、无线电扇区标准 232 (RS-232) 总线、以太网总线、FlexRay 总线等。在一些方面中, DUT121 可以用于训练示波器 110 以对波形/总线进行分类。在其他方面中, DUT121 可以是要由示波器测试的装置。

[0019] 示波器 110 是被如下配置的测试和测量仪器: 配置为接收测量数据 125, 对测量数据 125 进行分类以确定正在接收哪种类型的波形或者哪种类型的总线 123 连接到示波器, 基于所述分类建议要采取的测量或动作, 以及最终在包括一个或多个标线的显示器 111 上显示相关数据。示波器 110 包括端口 115, 端口 115 用于接收测量数据 125 并将该信号/数据转发到本地硬件进行调节、采样、分类等。示波器 110 还包括用于接收用户输入的控件 113, 例如交流 (AC) 或 DC 耦合控件、触发水平控件、用于改变触发水平滞后阈值和余量的触发水平滞后控件、用户选择、用户拒绝装置等。通过采用控件 103, 用户可以训练或采用示波器对波形或总线进行分类, 并接受或拒绝由于这种分类而在显示器 111 上呈现的建议的测量或动作。应当注意, 为了清楚讨论的目的, 呈现了示波器 100 作为示例, 但是示波器 100 不应被视为限制, 因为在不脱离本公开的情况下, 可以采用多种类型的示波器、测试和测量系统以及其它测试设置。

[0020] 图 2 是可以在测试系统 (诸如测试系统 100) 中采用的示波器 200 的实施例的框图。例如, 示波器 200 可以基本上类似于示波器 100 并且以类似的方式连接到 DUT 或其他训练装置。可以采用示波器 200 来分别实现测试和测量系统 300, 存储机器学习对象 400 和与机器学习对象 400 交互, 和/或实现方法 500、600 和/或如图 1-6 中所示的本文中公开的任何其它方法。示波器 200 包括输入端口 215, 输入端口 215 可以基本上类似于端口 115 并且可以包括被配置为接受包括测量或训练数据的输入信号的任何电和/或光端口、接收器等。输入端口 215 可以包括信道输入、相位参考输入、时钟输入和/或任何其它信号输入。信号输入端口 215 耦合到信号分析电路 214, 信号分析电路 214 可以包括调节电路、放大器、采样器、模数转换器、相位参考电路、时钟电路和/或可用于从经由输入端口 215 接收的输入信号获得测量或训练数据的任何部件。信号分析电路 214 从信号输入端口 215 接收输入信号、调节该信号、实施信号采样和/或数字化该信号, 以及将结果转发到存储器 217 或处理器 212 用于分析。信号分析电路 214 可以被实现为专用集成电路 (ASIC)、数字信号处理器 (DSP) 或其他处理电路。信号分析电路 214 耦合到处理器 212, 处理器 212 可以被实现为通用处理器。处理器 212 被配置为执行来自存储器 217 的指令并实施由指令指示的任何方法和/或关联的步骤。存储器 217 可以被实现为处理器高速缓存、随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、固态存储器、(一个或多个) 硬盘驱动器或任何其它存储器类型。存储器 217 用作非临时性介质, 该非临时性介质用于存储计算机程序产品和其他指令, 存储波形样本和/或存储诸如分类器和模型之类的其他数据对象, 如下面所讨论的。存储器 217 根据需要将这种存储的信息提供给处理器 212 以便进行计算。

[0021] 处理器212可以包括机器学习模块216。机器学习模块216是被配置为操作机器学习算法(诸如机器学习模块333)的处理电路和/或执行指令集。例如,处理器212和机器学习模块216可以在学习阶段期间用于训练诸如分类器335和435以及模型336和436之类的的数据对象。这种训练可以采用诸如训练数据331之类的训练数据。机器学习模块216还被配置为在评估和/或动作阶段期间操作机器学习算法以及推荐器,诸如推荐器338。因此,机器学习模块216被配置为执行方法500、600和/或本文讨论的任何其他方法。在一些方面,机器学习模块216也可以部分地实现在存储器217和/或示波器200中的其他部件中。

[0022] 用户控件213至少耦合到处理器212和信号分析电路214。用户控件213可以包括选通输入、增益控制、触发、显示调整、功率控制或用户可以用来在显示器211上显示输入信号的任何其他控件。用户控件213还可以允许用户在分析信号时选择要采取的特定测量或动作。因此,机器学习模块216可以经由显示器211建议测量和/或动作,并且用户控件213可以被配置为允许用户接受或拒绝所建议的动作或测量。在一些方面,用户控件213整体或部分地集成在显示器211中。显示器211可以是数字屏幕或基于阴极射线管的显示器。显示器211包括多个标线用于显示对应的输入信号,例如眼图、直方图、热图、时域信号、频域信号等。因此,示波器200可以被配置为采用机器学习模块216来训练分类器和模块对训练数据进行分类以确定到来的波形和/或总线的分类,如下面所讨论的。示波器200还可以被配置为采用分类器和模块来对测量数据进行分类,并建议测量和/或动作,如下面讨论的。此外,示波器200可以采取由建议的测量和/或建议的动作所引导的动作,而不需要直接用户发起或批准。

[0023] 图3是测试和测量系统300的实施例的框图,测试和测量系统300被配置为采用机器学习来对波形进行分类并建议对应的测量和动作。测试和测量系统300可以被实现在诸如示波器100和/或200之类的示波器中,该示波器被配置为从DUT(诸如DUT121)或其他训练硬件接收信号。测试和测量系统300包括机器学习模块333、分类器335、推荐器338和模型336,他们可以由通用处理器、专用处理器、存储器或其组合(例如处理器212、机器学习模块216和存储器217)来实现。测试和测量系统300接受训练数据331和捕获的波形测量结果/设备状态337作为输入,并且生成输出339,如下所述。

[0024] 机器学习模块333(例如机器学习算法)是被配置为实施任务、测量任务的实施并且基于测量结果来改变任务的实施以基于经验改进实施的指令集。机器学习模块333可以根据监督学习算法来实现,监督学习算法包括分析学习、人工神经网络、反向传播、增强(boosting)、贝叶斯统计、基于案例的推理、决策树学习、归纳逻辑编程、高斯过程回归、成组数据处理法、核估计、学习自动机、最小消息长度(决策树、决策图等)、多线性子空间学习、朴素贝叶斯分类器、最大熵分类器、条件随机场、最近相邻算法、可能近似正确(PAC)学习、涟漪下降规则、符号机器学习、子符号机器学习、支持向量机、最低复杂性机器(MCM)、随机森林、分类器集合体、序数分类、数据预处理、处理不平衡数据集、统计关系学习和/或Proaftn。为了清楚起见,机器学习模块333按照随机森林(在本文中称为决策森林)来讨论,但是可以采用监督学习算法的多种组合。此外,也可以采用深度学习算法作为机器学习模块333的一部分。

[0025] 在学习阶段期间,机器学习模块333接收训练数据331。训练数据331是一组波形和对应的已知分类。机器学习模块333创建和训练多个分类器335用于对训练数据331进行分

类。分类器335是被配置为基于预先配置的规则来提供到来的数据的分类并且通过训练来修改这种规则的任何部件。例如,分类器335可以包括具有多个决策树的随机决策森林。每个分类器335对应于特定分类,诸如正弦波、方波、脉宽调制、上升沿、下降沿、斜坡、DC、噪声、 $\sin(x)/x$ 、高斯、洛伦兹、指数上升、指数衰减、半正矢、心脏、并行总线、SPI总线、I2C总线、USB、LIN总线、CAN总线、音频总线、ARINC429总线、RS232总线、以太网总线、FlexRay总线等。机器学习模块333将训练数据331中的每组波形应用到每个分类器335,并且每个分类器335返回结果。例如,当与正弦波一致的训练数据331被转发到每个分类器335时,正弦波分类器335应当返回匹配,并且所有其他分类器不应该返回匹配。然后,机器学习模块333采用已知分类来校正返回不正确结果的任何分类器的规则。例如,当USB分类器335在应用高斯波形时返回匹配(例如,不正确的匹配)时,机器学习模块333校正USB分类器335的规则。

[0026] 分类器335可以采用各种信号质量来对训练数据331和测量数据(例如捕获的波形测量结果/设备状态337)进行分类。例如,分类器335可以采用信号幅度特性,诸如幅度、最大幅度、最小幅度、峰到峰、正过冲、负过冲、平均幅度、信号均方根(RMS)、AC RMS、DC共模、AC共模(例如峰-峰)、信号面积、差分交叉、信号顶、信号基、位高、位低、位幅度、传送/网络传送(T/nT)比率等。分类器335也可以采用时间相关特性,诸如周期、频率、数据速率、正脉冲宽度、负脉冲宽度、时滞、上升时间、下降时间、延迟、上升转换速率、下降转换速率、相位、正占空比、负占空比、脉冲串宽度、设置时间、保持时间、水平外时间、高时间、低时间、N-周期的持续时间(其中N是可变的周期数量)、扩频时钟(SSC)频率偏差、SSC调制速率、正边沿计数、负边沿计数、脉冲计数、脉冲串等。分类器335也可以采用抖动相关的特性,诸如时间间隔误差(TIE)、相位噪声、随机抖动(RJ)、RJ抗混叠(RJ-aa)、非周期抖动(NPJ)、在指定误比特率处的总抖动(TJ@BER)、确定性抖动(DJ)、DJ抗混叠(DJ-aa)、周期性抖动(PJ)、数据相关抖动(DDJ)、占空比失真(DCD)、包括除 10^{-2} 抖动分布(J2)之外的所有抖动分布的间隔、包括除 10^{-9} 抖动分布(J9)之外的所有抖动分布的间隔、子速率抖动(SRJ)、频率(F)/2、F/4、F/8等。分类器335还可以采用功率相关的特性,诸如功率质量功率导数、调制、功率谐波、开关损耗、纹波等。因此,分类器335被配置为通过检查信号幅度、时间特性、抖动和/或功率来确定训练数据和测量数据的分类。训练数据331可以以各种形式被递送到分类器335,这些形式包括原始点数据、波形图像、垂直直方图、装置设置或信息(例如装置状态)、组合成热图的多个采集的集合、波形测量结果等。由于分类器335可以采用各种各样的训练数据和分类类型,多个分类器335可以采用多个机器学习算法,其中选择指定的机器学习算法来对特定波形类型进行分类。换句话说,一些机器学习算法可能更适合于对第一组波形进行分类,其他机器学习算法可能更适合于对第二组波形进行分类。因此,一些分类器335可以采用与同一系统中的其它分类器335不同的机器学习算法。

[0027] 在学习阶段期间,构建与每个分类器335对应(并因此与每个分类对应)的模型336(例如由机器学习模块333)。一些模型336被构建为与通过输入端口(例如端口115/215)到来的波形对应,而其他模型336与连接到输入端口的总线(例如总线123)对应。因此,针对某些分类具有高度确定性的测量可能对其他分类无用。因此,机器学习模块333采用特征选择来从每个分类器335去除不需要的测量,并且生成仅具有相关数据的对应模型336。因此,每个模型336描述对应分类器335可以接受作为输入的测量。此外,每个模型336可以被配置为包括特定测量或动作,用户在到来的数据指示对应分类的情况下想要采取该特定测量或动

作。

[0028] 在完全处理训练数据331之后,机器学习模块333已经创建并训练了分类器335和模型336。机器学习模块333的状态已经创建并训练了分类器335和模型336,分类器335和模型336可以存储在存储器中用于运行时间由示波器使用。例如,当制造这样的示波器时,主测试和测量仪器可以训练机器学习模块333、分类器335和模型336,并以要被加载在多个示波器上的存储器可读格式存储结果。在另一方面,每个示波器可以在制造过程期间被训练。

[0029] 终端用户在作为评估阶段的一部分的运行时间采用测试和测量系统300。在评估阶段期间,捕获到的波形测量结果/装置状态337由机器学习模块333接收,例如在波形的情况下经由输入端口/信号分析电路接收,或在装置状态的情况下经由信号分析电路和/或存储器接收。每个分类器335被应用于所述测量结果/状态337。分类器335均指示匹配或不匹配。在一些方面中,分类器335还返回置信度值。在评估阶段期间接收的测量结果/状态337可能包含实际上任何类型的数据,并且分类是未知的。因此,如果只有一个分类器335返回匹配,则确定分类。如果没有分类器335返回匹配,或者如果多个分类器335返回匹配,则系统300不能对到来的信号进行分类。在测量结果/状态337与单个分类器335匹配的情况下,分类(例如,波形或总线类型)被转发到推荐器339。

[0030] 推荐器339是被配置为向用户推荐特定动作或测量的部件。推荐器338接收分类并获得对应的模型336。基于所返回的模型336,推荐器338可以推荐用户可能发现对所述分类有用的特定测量(诸如有用的触发点、特定变换等),该特定测量与被分类的波形或总线相关。此外,推荐器338可以基于分类来推荐用户可能希望采取的特定动作,诸如选择配置总线、改变显示范围等。此外,推荐器338还可以对建议的动作/测量的列表进行重新排序,使得针对特定分类的最相关的动作/测量被首先列出。推荐器338还可以使不适合于特定分类的动作/测量变灰或去除不适合于特定分类的动作/测量。推荐器338然后经由输出339向用户发送这样的建议,输出339可以包括诸如显示器111/211之类的显示器。用户可以采用控件(例如控件113/213)来接受或拒绝该建议。在一些方面中,推荐器338还可以立即采取任何建议的动作或发起任何建议的测量,而不需要直接用户发起、批准或交互。

[0031] 图4是图示包括分类器435和模型数据436对象的机器学习对象400的实施例的框图。分类器435和模型436分别基本类似于分类器335和模型336。分类器435是被配置为实现随机森林机器学习算法的分类器335的示例。分类器435包括决策森林441,决策森林441进一步包括多个决策树443。具体来说,为每个分类创建决策森林441(例如,关于分类器335所讨论的)。在训练期间,决策树443基于训练数据在决策森林441中生长。如上所述,决策树443采用各种信号质量来对训练数据进行分类,并且当返回不正确的结果(例如不正确的匹配或不正确的不匹配)时,校正决策树443。在一些方面中,在决策森林441中采用一百个决策树443。采用随机化来减少决策树443过拟合到训练数据集的发生。在学习阶段完成时,可以针对每个分类器435存储置信度阈值445。置信度阈值445指示决策森林441中应该输出积极分类(例如返回匹配)从而导致针对对应决策森林441和对应分类器435的积极分类的决策树443的最小百分比。例如,可以使用百分之八十的置信度阈值445来指示在系统确信实际已经找到匹配之前百分之八十的决策树443应该指示匹配。此外,可以采用交叉验证来评估决策森林441相对于训练数据集的准确度。交叉验证结果可用于进一步校正决策森林相对于训练数据的输出。

[0032] 在评估阶段期间,测量数据经由输入端口被接收并被转发给处理器。处理器将每个分类器435应用于测量数据以确定测量数据的分类。当应用选择的分类器435时,决策森林443应用每个决策树443并接收输出。分类器435采用报告匹配的决策树443输出的百分比作为置信度值447。当由决策森林441输出的置信度值447超过分类器435的置信度阈值445时,决策树441以及因此分类器435被认为已经返回匹配。

[0033] 如图所示,每个分类器435对应于模型436,模型436指示与分类器435的分类相关联的推荐的测量444和推荐的动作446。当分类器435返回匹配时,如由超过置信度阈值445的置信度值447所指示的,推荐器选择对应于该分类的模型436以获得对应的推荐的测量444和/或推荐的动作446。然后,推荐器可以将测试和测量仪器配置为:当捕获到通过输入端口接收的波形时,采用与所选择的模型436对应的推荐的测量444和/或推荐的动作446。如上所述,在学习阶段期间设置推荐的测量444和/或推荐的动作446以向用户建议直观的动作。推荐的测量444可以包括:对在显示器上关于分类器335列出的任何测量进行分类、启用、突出显示和/或隐藏。推荐的动作446可以包括对在显示器上关于分类器335列出的任何总线类别进行分类、启用、突出显示和/或隐藏。

[0034] 图5是图示在测试和测量系统中实现学习阶段的方法500的实施例的框图。方法500可以由操作具有数据结构(诸如机器学习对象400)的测试和测量系统(诸如系统300)的示波器(诸如示波器100/200)采用。在框501,例如经由输入端口接收训练数据(诸如训练数据331)。训练数据表示波形和/或总线,并且也可以包括对应的已知分类。在框503处,处理器采用机器学习算法来基于已知分类关于训练数据训练分类器。具体而言,每个分类器被迭代地应用到训练数据的每个波形以获得对应的预测波形分类。预测波形分类与已知分类比较。进一步,输出与对应波形的已知分类不匹配的预测波形分类的每个分类器被校正。通过迭代地测试和校正每个分类器,分类器在尝试新的输入数据分类时逐渐变得更加准确。在框505处,可以可选地针对分类器存储置信度阈值。例如,基于决策森林的分类器可以采用置信度阈值,而其他学习算法可以不采用置信度阈值并且可以改为针对每个分类器只返回匹配(例如分类)或不匹配(无分类)。在框507生成模型(诸如模型436)。推荐的测量和/或推荐的动作的集合被添加到每个模型。推荐的测量/动作包括在测量数据与对应于模型的分器的分类相匹配时由测试和测量系统执行的指令。例如,与波形分类相关联的推荐的测量针对与对应于波形分类的分类器被存储,并且与总线分类相关联的推荐的动作针对对应于总线分类的分类器被存储。在框509处,训练数据的交叉验证被用来评估分类器的准确度和/或进一步校正分类器。交叉验证可以对基于波形的训练数据和基于总线的训练数据二者实施。

[0035] 图6是图示在测试和测量系统中实现评估阶段的方法600的实施例的框图。方法600可以由操作具有数据结构(诸如机器学习对象400)的测试和测量系统(诸如系统300)的示波器(诸如示波器100/200)采用。具体而言,可以在方法500的训练完成之后采用方法600。在框601处,例如经由输入端口接收测量数据。所接收的测量数据对应于测量的波形或总线输入,并且出于分类目的被接收。在框602处,每个分类器被应用到测量数据以确定例如测量的波形或总线输入的分类。分类器均通过检查如上所述的信号幅度、时间特性、抖动、功率等来返回分类。在框603处,针对一些或所有分类器产生置信度值以支持分类的确定。在框605处,分类器的置信度值与其相应的置信度阈值进行比较,以确定单个分类器是

否产生超过存储的对应置信度阈值的置信度值。如果两个分类器返回匹配,则分类不清楚。如果没有分类器返回匹配,则该分类是不可能的。在任一情况下,方法600前进到框609。在这样的情况下,分类是不成功的。结果可被显示在测试和测量系统显示器上,并且不采取任何动作。如果单个分类器返回超过对应置信度阈值的置信度值,则波形类型或总线类型的分类是成功的,并且方法600前进到框607。例如,由推荐器选择与返回确定的分类的分类器对应的模型。如上所述,该模型对应于针对所述分类器的建议的测量和/或动作。推荐器通过如下方式实现建议的测量和/或动作:将测试和测量仪器配置为当捕获到测量的波形时,例如当用户经由控件批准时,采用与所选择的模型对应的建议的测量/动作。推荐器可以通过如下方式在显示器上向用户显示建议的动作/测量:强调或不强调建议,从显示器去除与确定的分类无关的动作/测量,或者使测试和测量系统准备在从用户接收到批准时实施动作。也可以通过如下方式基于每个分类器的分类采用特征选择:通过去除不可用于对应分类的输入来在模型中减少一组对应分类器输入。因此,根据方法500-600操作具有数据对象400的测试和测量系统300的示波器100/200通过如下方式来改进示波器的功能:允许示波器对示波器的输入进行分类和相应地改变示波器显示以强调或不强调与用户相关的装置功能。因此,本文公开的装置、系统和方法允许用户更容易地访问相关功能和更清楚地访问其他系统。

[0036] 本发明的实施例可以运行于特别创建的硬件上,固件、数字信号处理器上、或专门编程的通用计算机上,该通用计算机包括根据编程的指令操作的处理器。本文使用的术语“控制器”或“处理器”意在包括微处理器、微计算机、ASIC和专用硬件控制器。本发明的一个或多个方面可以体现在计算机可用数据和计算机可执行指令中,诸如在由一个或多个计算机(包括监视模块)或其他装置执行的一个或多个程序模块中。一般而言,程序模块包括当由计算机或其他装置中的处理器执行时实施特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、部件、数据结构等。计算机可执行指令可以被存储在非临时性计算机可读介质(诸如硬盘、光盘,可移动存储介质、固态存储器、RAM等)上。如将被本领域技术人员理解的,在各个实施例中,程序模块的功能可以视需要被组合或分配。此外,所述功能可以整体或部分地体现在固件或硬件等同物(诸如集成电路、现场可编程门阵列(FPGA)等等)中。特定的数据结构可以用于更有效地实现本发明的一个或多个方面,并且这样的数据结构在本文中所描述的计算机可执行指令和计算机可用数据的范围之内被设想。

[0037] 公开的主题的前面所描述的版本具有许多优势,这些优势已被描述或对普通技术人员来说将是显而易见的。即便如此,并不在所公开的设备、系统或方法的所有版本中都需要所有这些优点或特征。

[0038] 此外,此书面描述参考了特定特征。应当理解的是,本说明书中的公开包括这些特定特征的所有可能组合。例如,在特定特征在特定方面或实施例的情境中被公开的情况下,该特征也可以在可能的范围内用于其它方面和实施例的情境中。

[0039] 此外,当在本申请中提及具有两个或更多定义的步骤或操作的方法时,所定义的步骤或操作可以以任何次序或同时进行,除非上下文排除这些可能性。

[0040] 虽然本发明的特定实施例已经出于说明的目的被说明和描述,但是将理解的是,在不脱离本发明的精神和范围的情况下可以进行各种修改。因此,本发明不应该被除了所附权利要求之外的限制。

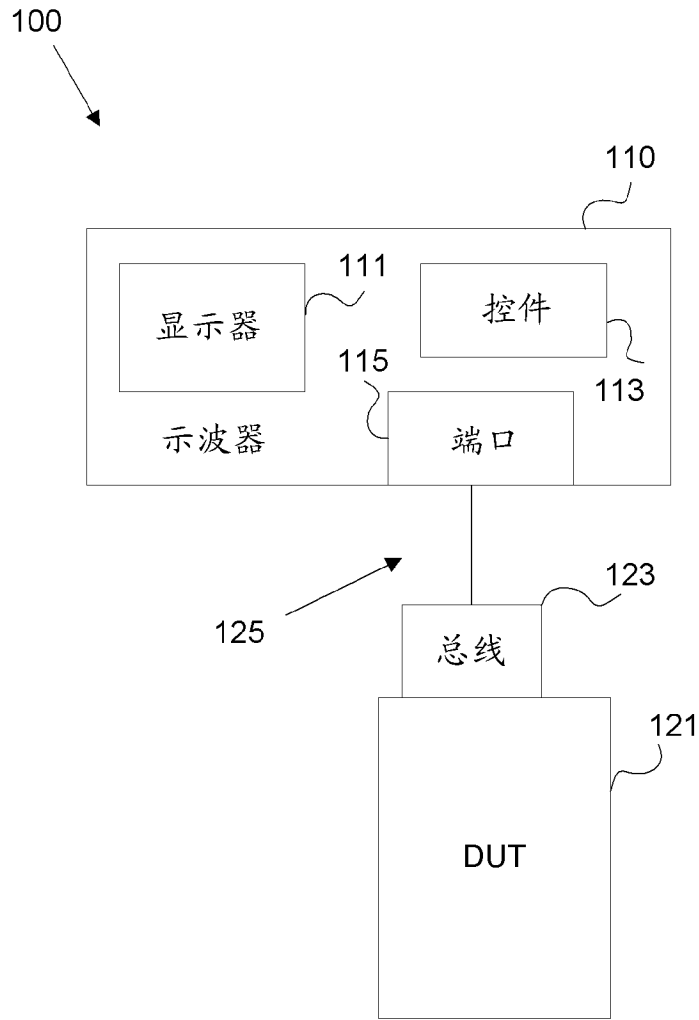


图 1

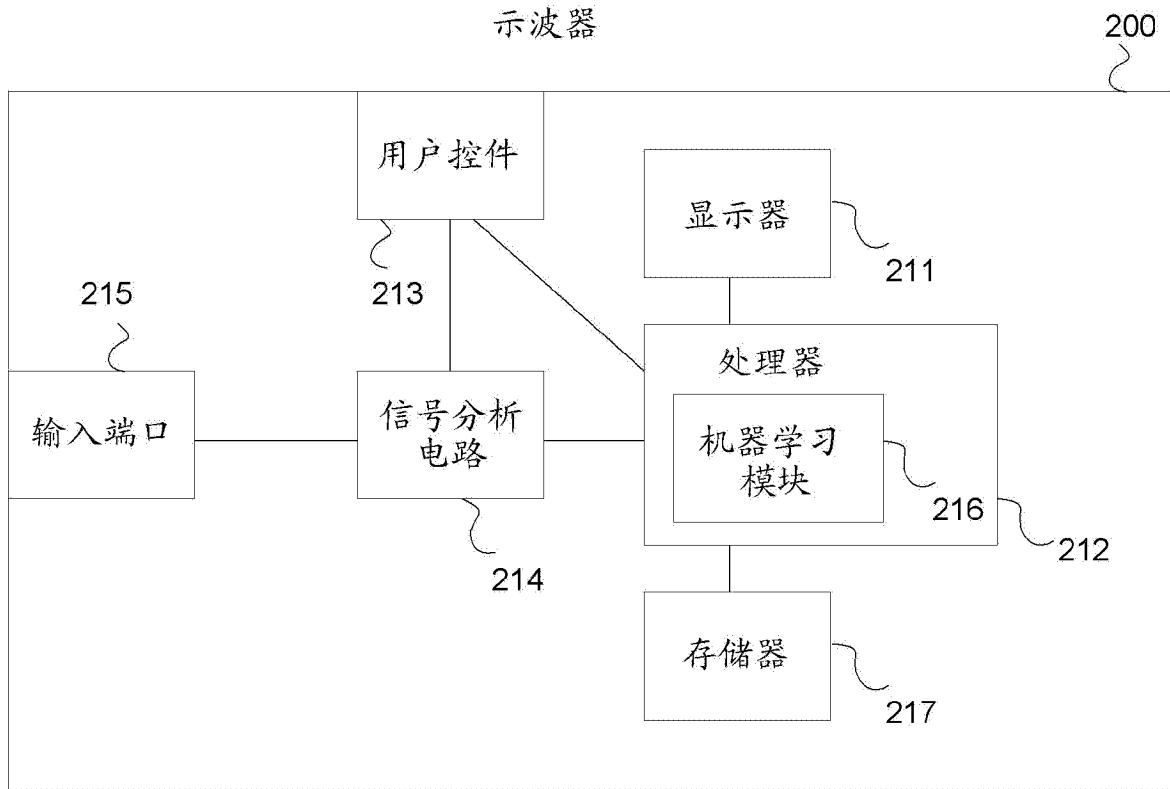


图 2

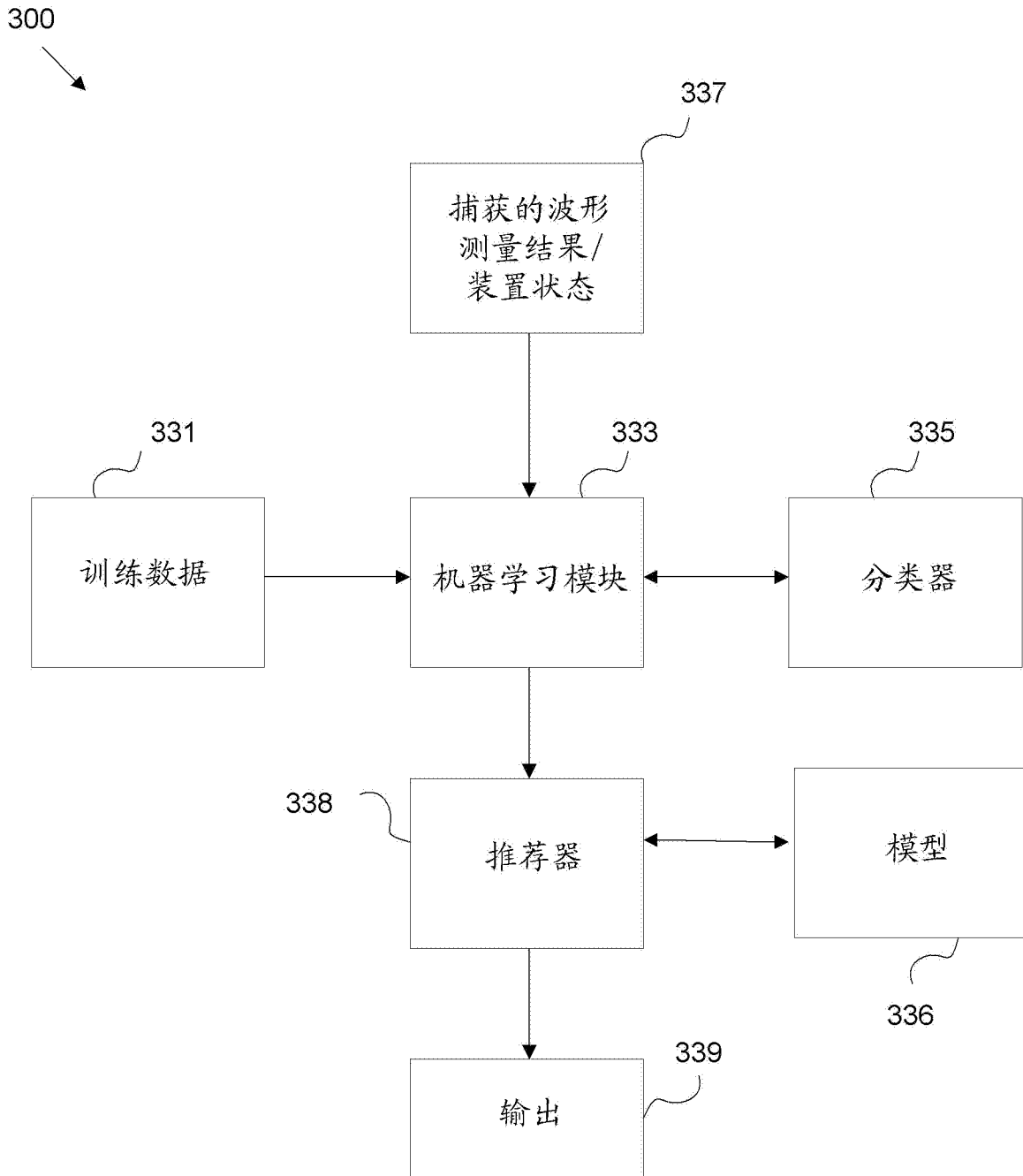


图 3

400

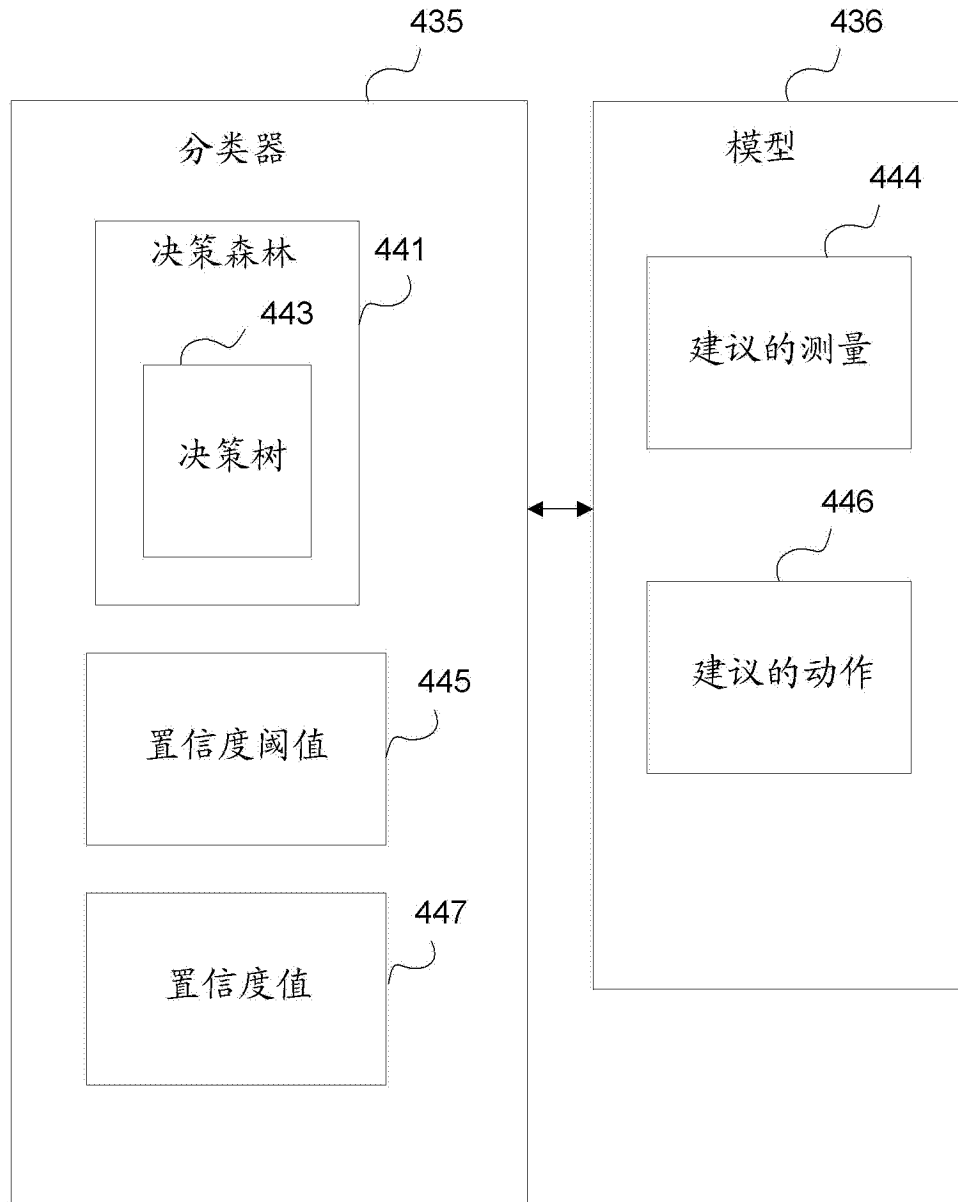


图 4

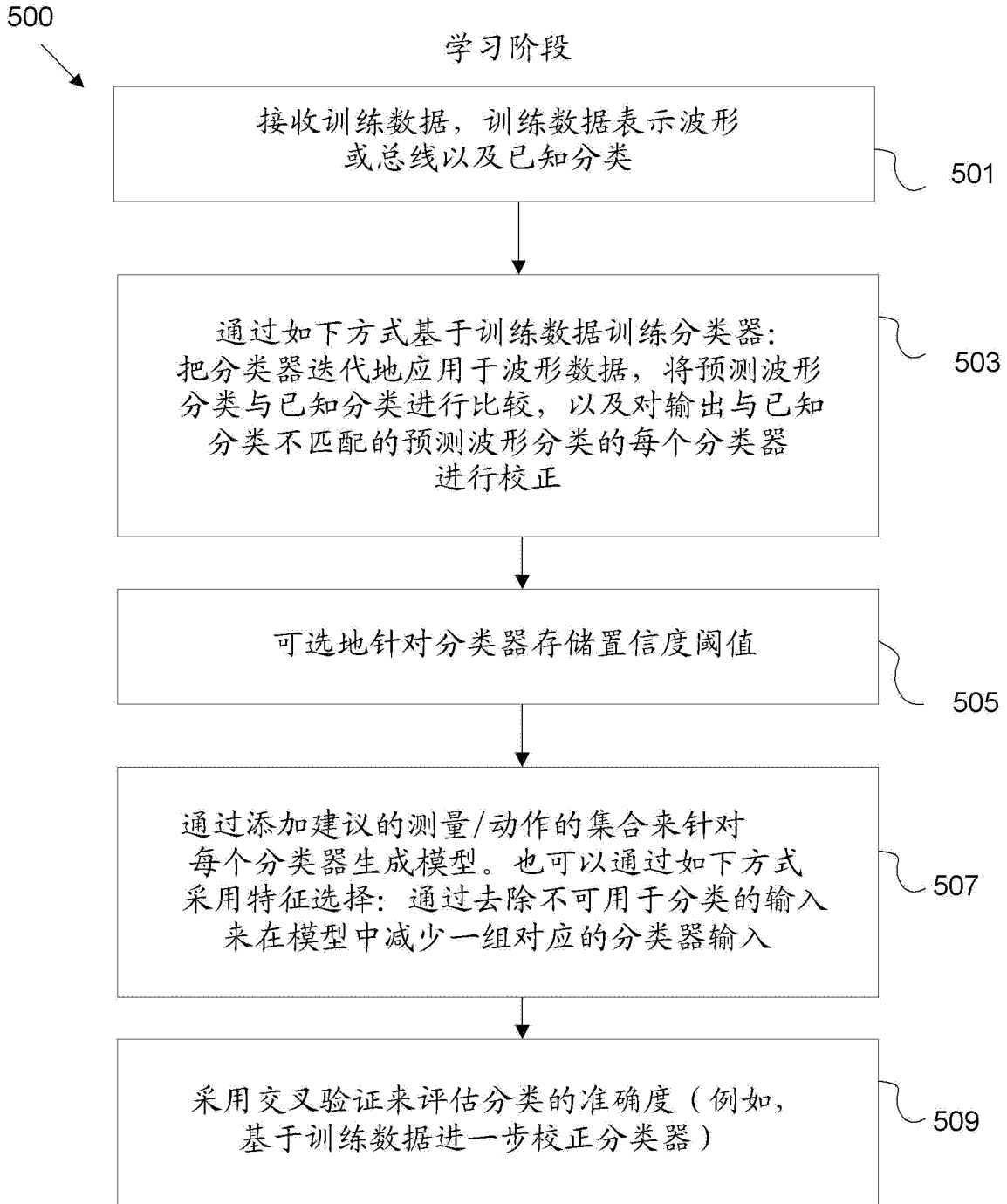


图 5

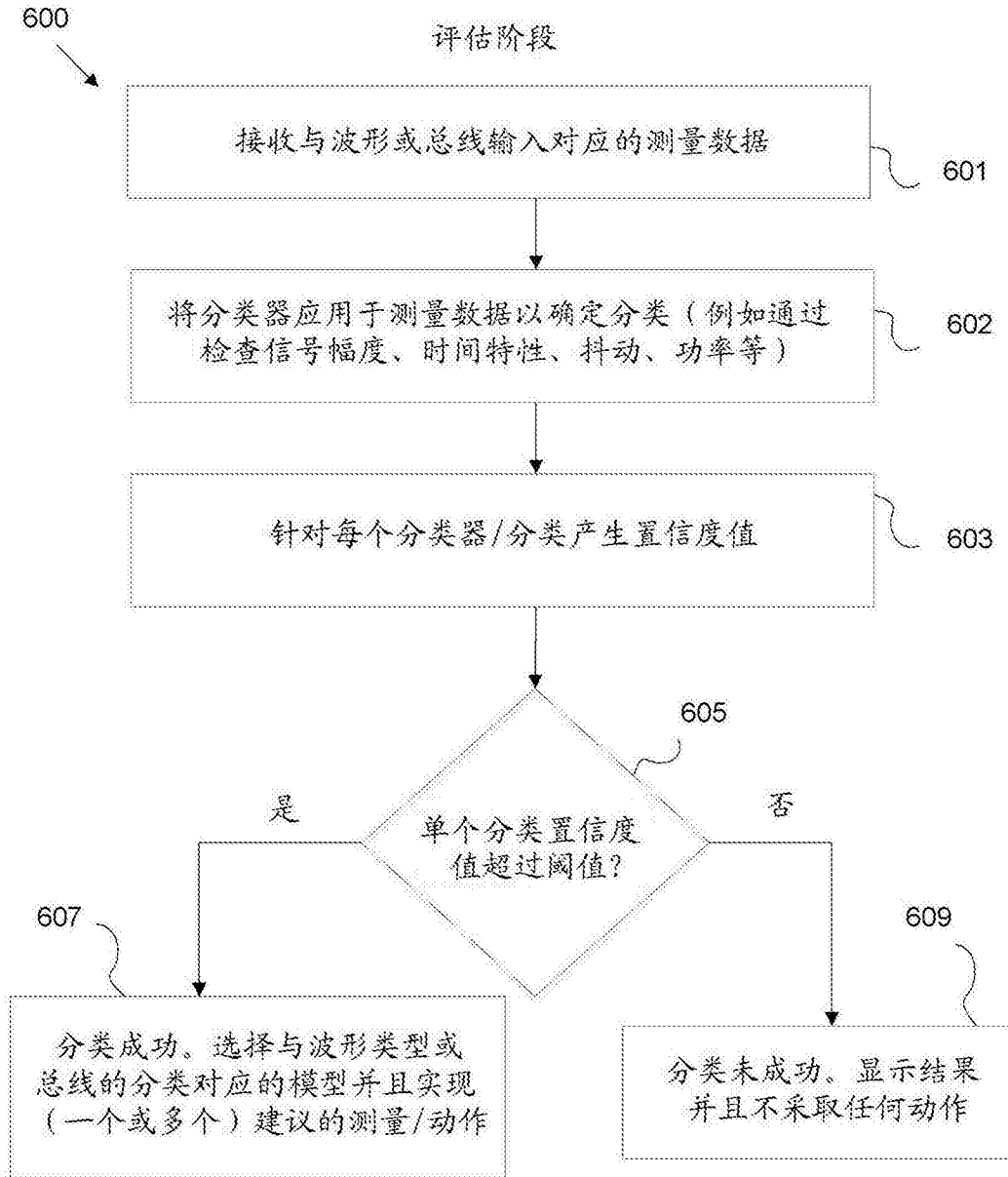


图 6