



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116030801 A

(43) 申请公布日 2023. 04. 28

(21) 申请号 202111258233.8

(22) 申请日 2021.10.27

(71) 申请人 微软技术许可有限责任公司

地址 美国华盛顿州

(72) 发明人 吴文珊 夏炎 毛绍光 宋歌平

田江森

(74) 专利代理机构 北京世辉律师事务所 16093

专利代理师 李峥宇

(51) Int. Cl.

G10L 15/10 (2006.01)

G10L 15/02 (2006.01)

G10L 15/06 (2013.01)

G10L 15/25 (2013.01)

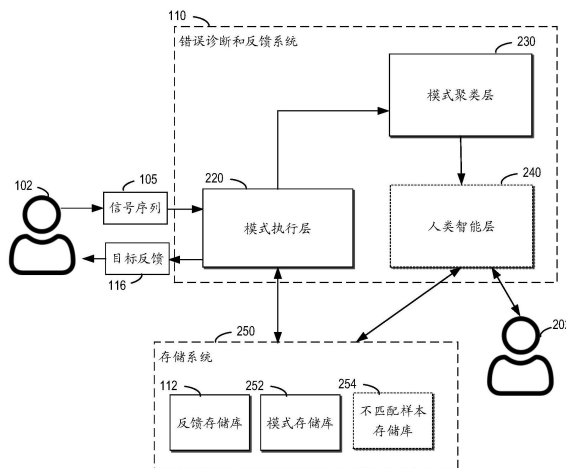
权利要求书3页 说明书14页 附图8页

## (54) 发明名称

错误诊断和反馈

## (57) 摘要

根据本公开的实现,提出了一种用于错误诊断和反馈的方案。在该方案中,获取信号序列;基于学习对象,确定信号序列的目标位置处存在错误;检测信号序列的目标位置对应的目标错误模式。如果目标错误模式与目标位置相关联的多个预定错误模式中的预定错误模式匹配,从多个预定错误模式分别对应的多个反馈中选择与所匹配的预定错误模式对应的目标反馈;以及提供目标反馈。通过该方案,可以提供关于不同错误模式的更准确和有效的反馈。



1. 一种计算机实现的方法,包括:
  - 获取信号序列;
  - 基于学习对象,确定所述信号序列的目标位置处存在错误;
  - 检测所述信号序列的所述目标位置对应的目标错误模式;
  - 如果所述目标错误模式与所述目标位置相关联的多个预定错误模式中的预定错误模式匹配,从所述多个预定错误模式分别对应的多个反馈中选择与所匹配的所述预定错误模式对应的目标反馈;以及
  - 提供所述目标反馈。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述信号序列包括发音的音频信号序列,并且所述多个反馈包括与发音纠正有关的多个视频反馈;并且
  - 其中所述目标位置包括所述音频信号序列中与音素、音节、词或词组对应的位置。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述信号序列包括动作的视频信号序列,并且所述多个反馈包括与动作纠正有关的多个视频反馈;并且
  - 其中所述目标位置包括所述视频信号序列中与一段运动轨迹对应的视频片段或所述视频信号序列中与静态姿势对应的视频帧。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中确定所述信号序列的目标位置存在错误包括:
  - 从所述信号序列中与所述目标位置对应的信号片段提取第一特征信息,以及
  - 基于所提取的所述第一特征信息,确定所述信号序列的所述目标位置处存在错误;并且且
  - 其中检测所述目标错误模式包括:
    - 至少从所述信号序列中与所述目标位置对应的信号片段提取第二特征信息,以及
    - 基于所提取的所述第二特征信息来确定所述目标错误模式。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中提取所述第二特征信息包括:
  - 从所述信号片段以及所述信号片段的至少一个相邻信号片段提取所述第二特征信息。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述多个预定错误模式通过以下确定:检测针对所述学习对象的多个样本信号序列的所述目标位置对应的多个候选错误模式;以及通过聚类所述多个候选错误模式来确定所述多个预定错误模式。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中针对所述多个预定错误模式中的给定预定错误模式,在存储系统中存储针对所述多个样本信号序列中的如下至少一个样本信号序列的所述目标位置提取的特征信息的聚类结果,所述至少一个样本信号序列被用于聚类出所述给定预定错误模式。
8. 根据权利要求1所述的方法,还包括:
  - 如果所述目标错误模式不匹配与所述目标位置相关联的所述多个预定错误模式,存储针对所述信号序列中的所述目标位置提取的特征信息及关于所述目标位置的指示;以及
  - 至少基于针对所述目标位置提取的特征信息,确定与所述目标位置相关联的另一错误模式。
9. 根据权利要求8所述的方法,还包括:
  - 基于专家知识来确定所述另一错误模式对应的反馈;以及
  - 与所述另一错误模式相关联地存储所确定的所述反馈。

10. 一种电子设备,包括:  
处理单元;以及  
存储器,耦合至所述处理单元并且包含存储于其上的指令,所述指令在由所述处理单元执行时使所述设备执行以下动作:  
获取信号序列;  
基于学习对象,确定所述信号序列的目标位置处存在错误;  
检测所述信号序列的所述目标位置对应的目标错误模式;  
如果所述目标错误模式与所述目标位置相关联的多个预定错误模式中的预定错误模式匹配,从所述多个预定错误模式分别对应的多个反馈中选择与所匹配的所述预定错误模式对应的目标反馈;以及  
提供所述目标反馈。
11. 根据权利要求10所述的设备,其中所述信号序列包括发音的音频信号序列,并且所述多个反馈包括与发音纠正有关的多个视频反馈;并且  
其中所述目标位置包括所述音频信号序列中与音素、音节、词或词组对应的位置。
12. 根据权利要求10所述的设备,其中所述信号序列包括动作的视频信号序列,并且所述多个反馈包括与动作纠正有关的多个视频反馈;并且  
其中所述目标位置包括所述视频信号序列中与一段运动轨迹对应的视频片段或所述视频信号序列中与静态姿势对应的视频帧。
13. 根据权利要求10所述的设备,其中确定所述信号序列的目标位置存在错误包括:  
从所述信号序列中与所述目标位置对应的信号片段提取第一特征信息,以及  
基于所提取的所述第一特征信息,确定所述信号序列的所述目标位置处存在错误;并且  
且  
其中检测所述目标错误模式包括:  
至少从所述信号序列中与所述目标位置对应的信号片段提取第二特征信息,以及  
基于所提取的所述第二特征信息来确定所述目标错误模式。
14. 根据权利要求13所述的设备,其中提取所述第二特征信息包括:  
从所述信号片段以及所述信号片段的至少一个相邻信号片段提取所述第二特征信息。
15. 根据权利要求10所述的设备,其中所述多个预定错误模式通过以下确定:检测针对所述学习对象的多个样本信号序列的所述目标位置对应的多个候选错误模式;以及通过聚类所述多个候选错误模式来确定所述多个预定错误模式。
16. 根据权利要求15所述的设备,其中针对所述多个预定错误模式中的给定预定错误模式,在存储系统中存储针对所述多个样本信号序列中的至少一个样本信号序列的所述目标位置提取的特征信息的聚类结果,所述至少一个样本信号序列被用于聚类出所述给定预定错误模式。
17. 根据权利要求10所述的设备,其中所述动作还包括:  
如果所述目标错误模式不匹配与所述目标位置相关联的所述多个预定错误模式,存储针对所述信号序列中的所述目标位置提取的特征信息及关于所述目标位置的指示;以及  
至少基于针对所述目标位置提取的特征信息,确定与所述目标位置相关联的另一错误模式。

18. 根据权利要求17所述的设备,其中所述动作还包括:

基于专家知识来确定所述另一错误模式对应的反馈;以及  
与所述另一错误模式相关联地存储所确定的所述反馈。

19. 一种计算机程序产品,所述计算机程序产品被有形地存储在计算机存储介质中并且包括计算机可执行指令,计算机可执行指令在由设备执行时使设备执行以下动作,所述动作包括:

获取信号序列;

基于学习对象,确定所述信号序列的目标位置处存在错误;

检测所述信号序列的所述目标位置对应的目标错误模式;

如果所述目标错误模式与所述目标位置相关联的多个预定错误模式中的预定错误模式匹配,从所述多个预定错误模式分别对应的多个反馈中选择与所匹配的所述预定错误模式对应的目标反馈;以及

提供所述目标反馈。

20. 根据权利要求17所述的计算机程序产品,其中所述信号序列包括发音的音频信号序列,并且所述多个反馈包括与发音纠正有关的多个视频反馈;并且

其中所述目标位置包括所述音频信号序列中与音素、音节、词或词组对应的位置。

## 错误诊断和反馈

### 背景技术

[0001] 学习者在学习一项新技能时期望针对学习结果进行评估和反馈,以发现和纠正错误,从而来有效地学习。例如,在语言学习中,为了有效学习语言的正确发音,学习者期望获得针对其语言发音的评估和反馈,以发现和纠正其发音错误。为此,学习者通常可以借助学习辅助工具或者通过与老师交流,获得针对学习结果的评估和反馈。然而,已有的一些学习辅助工具可能不够智能,难以准确发现错误并提供有效反馈。另一方面,在学习过程中,学习者通常也难以随时随地与老师交流来获得及时准确的评价和反馈。因此,能够方便地获得针对学习结果的准确评估和有效反馈是学习者非常需要的。

### 发明内容

[0002] 根据本公开的实现,提出了一种用于错误诊断和反馈的方案。在该方案中,获取信号序列;基于学习对象,确定信号序列的目标位置处存在错误;检测信号序列的目标位置对应的目标错误模式。如果目标错误模式与目标位置相关联的多个预定错误模式中的预定错误模式匹配,从多个预定错误模式分别对应的多个反馈中选择与所匹配的目标错误模式对应的目标反馈;以及提供目标反馈。通过该方案,可以提供关于不同错误模式的更准确和有效的反馈。

[0003] 提供发明内容部分是为了简化的形式来介绍对概念的选择,其在下文的具体实施方式中将被进一步描述。发明内容部分无意标识要求保护的的主题的关键特征或主要特征,也无意限制要求保护的的主题的范围。

### 附图说明

[0004] 图1示出了能够实施本公开的多个实现的环境的框图;

[0005] 图2示出了根据本公开的一些实现的错误诊断和反馈系统的示例结构的框图;

[0006] 图3A和图3B示出了根据本公开的一些实现的用于诊断和纠正的用户界面的示例;

[0007] 图4示出了根据本公开的一些实现的用于诊断和纠正的总体过程的流程图;

[0008] 图5示出了根据本公开的一些实现的用于错误模式挖掘过程的流程图;

[0009] 图6示出了根据本公开的一些实现的用于错误的模式匹配的过程的流程图;

[0010] 图7示出了根据本公开的一些实现的示例方法的流程图;以及

[0011] 图8示出了能够实现本公开的一些实现的计算设备的框图。

[0012] 这些附图中,相同或相似参考符号用于表示相同或相似元素。

### 具体实施方式

[0013] 现在将参照若干示例实现来论述本公开。应当理解,论述了这些实现仅是为了使本领域普通技术人员能够更好地理解且因此实现本公开,而不是暗示对本公开的范围的任何限制。

[0014] 如本文所使用的,术语“包括”及其变体要被解读为意味着“包括但不限于”的开放

式术语。术语“基于”要被解读为“至少部分地基于”。术语“一个实现”和“一种实现”要被解读为“至少一个实现”。术语“另一个实现”要被解读为“至少一个其他实现”。术语“第一”、“第二”等等可以指代不同的或相同的对象。下文还可能包括其他明确的和隐含的定义。

[0015] 如本文中所使用的,术语“模型”可以从训练数据中学习到相应的输入与输出之间的关联,从而在训练完成后可以针对给定的输入,生成对应的输出。模型的生成可以基于机器学习技术。深度学习是一种机器学习算法,通过使用多层处理单元来处理输入和提供相应输出。神经网络模型是基于深度学习的模型的一个示例。在本文中,“模型”也可以被称为“机器学习模型”、“学习模型”、“机器学习网络”或“学习网络”,这些术语在本文中可互换地使用。

[0016] 通常,机器学习大致可以包括三个阶段,即训练阶段、测试阶段和使用阶段(也称为推理阶段)。在训练阶段,给定的模型可以使用大量的训练数据进行训练,不断迭代更新参数值,直到模型能够从训练数据中获取一致的满足预期目标的推理。通过训练,模型可以被认为能够从训练数据中学习从输入到输出之间的关联(也称为输入到输出的映射)。经训练的模型参数值被确定。在测试阶段,将测试输入应用到训练后的模型,测试模型是否能够提供正确的输出,从而确定模型的性能。在使用阶段,模型可以被用于基于训练得到的参数值,对实际的输入进行处理,确定对应的输出。

[0017] 如前所述,在学习过程中,期望方便地获得针对学习结果的准确评估和有效反馈。然而,当前的学习辅助工具经常难以准确发现错误,并且向用户(学习者)所提供的反馈较为笼统。

[0018] 以语言学习中的口语练习为例。已有一些应用能够支持“录音对比”的教学。用户可以录制和上传关于句子、词语或短语的发音的音频。通过将用户上传的音频与标准音频教学比对,可以确定用户的发音是否准确,并对句子、词语或短语的发音准确度进行评分。在提供反馈时,可以提供评分结果。对于用户发音中评分较低的句子、词语或短语,有的应用可以提供关于标准发音的音频或视频。

[0019] 然而,这样的应用通常不能进行精细地发音诊断,评分和笼统的反馈所能提供的信息也非常单一且有限,使得用户难于从这样的诊断和反馈中有效学习到错误发音、不准确发音与正确发音之间的区别,从而无法有针对性地对发音进行改正。

[0020] 根据本公开的实现,提出了一种改进的自动错误诊断和反馈的方案。该方案能够对更细粒度的错误提供有针对性的反馈。具体地,对于学习对象(例如,关于特定句子、短语或词语等的口语学习),从相应的学习结果信号序列(例如,发音的音频信号序列)中确定特定位置处的错误以及错误模式,并且通过模式匹配确定该位置处的错误模式是否与预定错误模式匹配。对于特定位置,可以预先确定相关联的多个预定错误模式。对于不同错误模式,可以相应提供不同的反馈,例如与发音纠正相关联的不同的反馈。通过在学习活动中对出现的特定错误模式进行检测,可以提供特定于该错误模式的准确和有效反馈。错误模式的检测和针对性反馈的提供可以自动完成,从而提高用户使用的便利性,使用户对学习对象的学习过程更为灵活高效。

[0021] 图1示出了能够实施本公开的多个实现的示例环境100的框图。在环境100中,提供了错误诊断和反馈系统110,用于执行对用户102的学习过程自动的错误诊断和反馈。

[0022] 在图1中,错误诊断和反馈系统110可以是任何具有计算能力的系统。应当理解,图

1示出的环境中的部件和布置仅是示例,适于用于实现本公开所描述的示例实现的计算系统可以包括一个或多个不同的部件、其他部件和/或不同的布置方式。

[0023] 在操作中,错误诊断和反馈系统110获取信号序列105。信号序列105可以表示针对特定学习对象的学习结果,并且可以包括一种或多种形式的信息。学习对象和学习结果与具体的学习过程有关。

[0024] 在语言的口语学习中,学习对象可以包括对语句、短语、词语、元音等各种语言元素的发音学习,学习结果可以包括用户对相应语句、短语、词语、元音等语言元素的发音练习结果。相应的,信号序列105可以包括用户输入的发音的音频信号序列。在一些实现中,信号序列105也可以包括发音的视频信号序列,其不仅包括声音信息,还包括呈现用户嘴型变化的视觉信息。

[0025] 根据本公开的实现,除了语言学习之外,错误诊断和反馈系统110还可以被适配到其他学习场景,只要该场景下的学习活动可以通过信号序列的方式被记录并且可以通过模式匹配方式与学习对象进行比较。另一个示例场景可以包括运动训练。用户的训练对象可以包括动作学习,例如高尔夫挥杆、立定跳远等运动动作,学习结果包括用户对这些动作的训练结果。可以通过各种方式来记录这样的训练结果以作为信号序列105。例如,信号序列105可以包括记录用户训练动作的视频信号序列。在其他示例中,信号序列105可以附加地或备选地包括由传感器的传感信息,用于记录的用户关键关节或部位在动作练习期间的移动。可以理解,还可以存在其他类型的学习场景。

[0026] 在下文中,为便于理解,主要参考语言学习中的口语练习为例来讨论本公开的一些示例实现。

[0027] 在获得信号序列105后,错误诊断和反馈系统110被配置为确定信号序列105中是否存在错误,并提供反馈。错误诊断和反馈系统110可以访问和维护反馈存储库112,其包括与该学习对象相关联的多个反馈115-1、115-2、……115-N(在本文中统称为或单独称为反馈115),其中N是大于等于1的整数。错误诊断和反馈系统110可以从多个反馈115中,确定针对信号序列105中出现的错误的目标反馈116,并将其提供给用户102。

[0028] 反馈可以为用户102认识和改进错误提供帮助信息。例如,反馈可以包括对相关错误的讲解、对学习对象的示范练习和/或其他相关辅助或扩展性信息。反馈的提供可以让用户能够便捷地根据反馈进行更有针对性的练习。例如,在口语练习中,反馈可以与发音纠正有关,例如包括针对某个发音错误的纠正、正确发音的示范、针对错误发音或正确发音的其他扩展性学习信息,等等。在运动训练中,反馈可以与动作纠正有关,例如包括针对某个错误运动轨迹或姿势的纠正、正确运动轨迹或姿势的讲解和示范、针对错误或正确运动轨迹的其他扩展性学习信息,等等。

[0029] 反馈可以以各种形式提供。在一些实现中,反馈可以是录制的视频片段。反馈可以附加地或备选地包括其他形式的信息,例如图片信息、音频信息等等。反馈所包含的信息可以取决于具体的学习对象和/或特定的错误模式,其作用在于为用户准确有效地识别和纠正错误提供帮助信息,并方便用户使用。

[0030] 在本公开的实现中,期望为用户提供更细粒度、更准确和有针对性的反馈。下文将更详细讨论本公开中关于错误诊断和反馈的一些具体实现。

[0031] 图2示出了根据本公开的一些实现的错误诊断和反馈系统110的示例结构的框图。

如图2所示,错误诊断和反馈系统110可以包括模式执行层220、模式聚类层230以及可选地包括人类智能层240。

[0032] 在本公开的实现中,模式执行层220被配置为针对信号序列105执行错误模式检测。错误模式检测包括错误诊断和错误模式提取。模式执行层220可以检测在信号序列105的各个位置处是否存在错误,并在存在错误的情况下确定该错误的模式是否与预定错误模式匹配。如果发现与预定错误模式匹配的错误的,模式执行层220将提供与所匹配的预定错误模式对应的反馈。

[0033] 在错误模式检测中的错误诊断时,模式执行层220基于学习对象,确定信号序列105的各个位置处是否存在错误。所确定的错误相较于学习对象而言。在一些实现中,可以利用针对同一学习对象的标准信号序列来执行错误诊断。例如,在语言学习的场景下,标准信号序列可以包括特定语言下的句子、短语、词语、元音等语言元素的标准发音的音频信号序列;在动作训练的场景下,标准信号序列可以包括记录标准动作的视频信号序列。在确定信号序列105的各个位置处是否存在错误时,模式执行层220可以确定信号序列105的各个位置处的信号片段与标准信号序列的相同位置处的信号片段之间是否存在差异,并基于该差异来确定某个位置处是否存在错误。

[0034] 在接收到信号序列105时,模式执行层220可以确定信号序列105对应的标准信号序列。例如,在一些应用场景中,用户102可以通过跟读的方式,对给定语言学习教材中包含的语句、短语、词语、元音等学习对象进行口语练习,并提供录制的音频信号序列。这样,标准发音的音频信号序列可以表示相对应的语言学习教材中的学习对象,并且可以基于用户输入确定用户发音的音频信号序列所对应的学习对象。

[0035] 在一些实现中,模式执行层220可以按一个或多个粒度对信号序列105执行错误诊断。不同粒度可以对应于学习对象的不同学习元素。在信号序列105中诊断错误的粒度可以根据学习应用场景设定。例如,在语言学习中,每个诊断位置可以对应于一个语言学习对象中各音素对应的位置,也可以是各音节或词语对应的位置,等等。因此,可以按音素、音节、词语或词组等粒度中的一个或多个粒度来检测信号序列105中可能出现的错误的位置。例如,学习对象是一个语句的发音时,可以在音素、音节、词或词组等粒度的学习元素对应的位置处诊断用户发音的音频信号序列中的错误。

[0036] 在一些实现中,在错误诊断时,可以总是按较小或最小粒度来检测错误的出现,例如按音素来检测错误。这样,可以通过对多个音素的发音错误的检测结果,来确定某个音节或词语的发音是否有错误。又例如,对于动作学习,所发生的错误可以是某个静态姿势错误,或者一段连续的运动轨迹的错误。相应地,在错误诊断时,可以从视频信号序列中确定与特定静态姿势对应的视频帧,或者与一段运动轨迹对应的视频片段,并检测其是否与标准静态姿势或者标准运动轨迹不同。

[0037] 模式执行层220可以利用各种技术来执行错误诊断。在一些实现中,模式执行层220可以通过对齐的方式,使信号序列105中各个位置与标准信号序列中针对相同学习元素的位置对齐。然后,通过不同位置处的信号片段的比较来检测是否存在错误。在一些实现中,模式执行层220可以利用机器学习模型来执行错误诊断,该机器学习模型(也可称为错误诊断模型)被训练为能够监测输入的信号序列的各个位置与对应的标准信号序列的对齐位置之间是否存在差异,进而确定输入的信号序列的哪个或哪些位置存在错误。在利用机



器学习模型的示例实现中,可以利用机器学习模型,从信号序列105中与各个位置对应的信号片段提取各自的特征信息,并基于所提取的特征信息来确定每个位置处是否存在错误。对于每个位置,可以将从信号序列105中与该位置对应的信号片段提取的特征信息与标准信号序列中相同位置对应的信号片段提取的特征信息相比较,基于特征信息的相似度来确定该位置处是否存在错误。例如,如果与从标准信号序列提取的特征信息差异较大(例如大于预定阈值),则可以确定当前位置处存在错误。

[0038] 所利用的机器学习模型可以取决于要处理的信号序列105的类型。例如,模式执行层220可以利用声学模型来检测用户输入的音频信号序列相对于标准音频信号序列是否存在错误。对于其他信号序列,例如涉及图形的视频信号序列或者其他可能的辅助信号序列,可以利用计算机视觉技术或其他适合的信号处理技术,以实现错误诊断。

[0039] 通过错误诊断,模式执行层220可以确定信号序列105的一个或多个位置处是否存在错误。如果模式执行层220确定信号序列105的一个或多个位置存在错误(在本文中这样的位置有时称为“目标位置”),那么模式执行层220检测信号序列105的目标位置对应的错误模式(称为“目标错误模式”),并进一步确定反馈。

[0040] 不同于传统方案中在出现错误时提供针对学习对象的单一及固定形式反馈,在本公开的实现中,对于输入的信号序列105中不同位置的多种错误模式,模式执行层220能够确定出与检测到的错误模式相对应的反馈,作为目标反馈116。

[0041] 在学习过程中,可以观察到,对于同一学习对象,或者对于同一学习对象中的同一学习元素,不同用户的学习结果或同一用户的不同学习结果中可能出现多种错误。例如,在口语练习中,即使对于相同的音素、音节、词语或词组等,不同用户在同一学习对象、同一用户在不同的学习对象,以及同一用户在同一学习对象的不同学习结果中都可能会出现不同的发音错误。例如,对于某个音素,用户可能会发音错误(如将该音素错误发音成另一个音素),发音不准确(如将该音素发音成介于两个音素之间的不明确发音),或者在该音素与其他音素连接和转换时出现发音错误,等等。对于这些不同的错误,将其划分为多种错误模式,并提供针对性的反馈(如发音纠正和改进建议),能够为用户准确有效地识别和纠正错误提供帮助信息,并极大地提高用户使用的便利性。

[0042] 为了实现这样的精细反馈,在本公开的实现中,可以预先建立特定学习对象的各个位置处可能出现的多个错误模式,并提供与不同错误模式相对应的反馈。也就是说,对于同一学习对象,例如同一语句,可以建立一个反馈集,该反馈集被分别映射到该学习对象中所涉及的不同位置。对于在一个位置处可能发生的多个错误模式,每个错误模式均可以被映射到相应的反馈。这样,每个反馈可以被准确配置为针对具体的错误模式。

[0043] 在图2的示例中,对于信号序列105,如果模式执行层220确定了信号序列105的一个或多个目标位置对应的目标错误模式,可以通过模式匹配确定每个目标错误模式是否能够匹配到与相应目标位置相关联的多个预定错误模式中的任一预定错误模式。如果确定存在匹配的预定错误模式,模式执行层220从反馈存储库112获得与所匹配的预定错误模式对应的反馈,并提供作为目标位置对应的目标反馈116。

[0044] 图3A和图3B示出了根据本公开的一些实现的用于诊断和纠正的用户界面的示例。在图3A的用户界面300中,通过用户点击界面中的图标302,在用户朗读界面上呈现的句子的同时,用户设备中的麦克风等录音设备录制用户发音的音频信号序列。该音频信号序列

可以被提供给错误诊断和反馈系统110进行分析。

[0045] 在图3B的用户界面310中,通过错误诊断和反馈系统110的错误诊断,可以确定用户在朗读句子时,对于单词“work”中的字母“o”的发音不正确,例如将字母“o”在该单词下应发出的音素“ɜː”读成另一个音素“ɑː”。此外,错误诊断和反馈系统110还确定用户对单词“hospital”中的字母“o”的发音不正确。可以在用户界面310中通过标注方式标注这些错误。

[0046] 该句子中的单词“work”或者其中的字母“o”的音素被预先映射到反馈集304,其中包括多个反馈312-1、312-2等,每个反馈对应于该位置下的不同错误模式。该句子中的单词“hospital”或者其中字母“o”的音素被预先映射到反馈集306,其中包括多个反馈322-1、322-2等,每个反馈对应于该位置下的不同错误模式。错误诊断和反馈系统110可以确定用户的发音信号序列中关于单词“work”中的字母“o”的发音错误与反馈312-2映射到的错误模式匹配,因此可以将反馈312-2确定为针对单词“work”中的字母“o”的发音错误的目标反馈。错误诊断和反馈系统110还可以确定用户的发音信号序列中关于单词“hospital”中的字母“o”的发音错误与反馈322-1映射到的错误模式匹配,因此可以将反馈322-1确定为针对单词“hospital”中的字母“o”的发音错误的目标反馈。

[0047] 相应的目标反馈也被自动或者响应于用户的输入而被呈现在用户界面310中。例如,响应于用户的输入,反馈312-2可以呈现在用户界面310中,以帮助用户纠正对单词“work”中的字母“o”的正确发音。

[0048] 图4示出了根据本公开的一些实现的用于诊断和纠正的总体过程400的流程图。过程400可以被实现在错误诊断和反馈系统110处。

[0049] 在框410,错误诊断和反馈系统110执行针对信号序列105的错误模式检测410,以确定信号序列105的一个或多个位置处是否存在错误,并检测信号序列105中存在错误的位置对应的错误模式。如前所述,错误模式检测包括错误诊断和错误模式提取,可以由错误诊断和反馈系统110中的模式执行层220来执行。对错误诊断的实现可以取决于具体应用,例如取决于所要分析的信号序列的形式。

[0050] 如果检测到信号序列105中的目标位置对应的目标错误模式,错误诊断和反馈系统110(例如,模式执行层220)执行模式匹配420,以确定检测到的目标错误模式是否匹配与相应目标位置相关联的多个预定错误模式。如果存在匹配的预定错误模式,错误诊断和反馈系统110(例如,模式执行层220)执行排序430。通过排序,在信号序列105中存在多个错误以及查找到多项匹配的预定错误模式的情况下,可以基于排序结果向用户提供置信度更高的错误以及匹配置信度更高的预定错误模式。然后,错误诊断和反馈系统110(例如,模式执行层220)执行反馈提供440,以将所确定的目标反馈116呈现给用户。

[0051] 在一些实现中,如果检测出信号序列105中的某个目标位置存在错误,但在模式匹配时却无法将其错误模式匹配到预先确定的任何错误模式,那么这样的信号序列105可以被收集,以用于后续对错误诊断和反馈系统110的错误模式检测和模式匹配能力进行扩展。在一些实现中,对于在信号序列105的目标位置处检测到的未匹配的错误模式,错误诊断和反馈系统110可以存储信号序列105的目标位置对应的错误模式以及关于目标位置的指示。在一些实现中,附加地或备选地,错误诊断和反馈系统110可以存储信号序列105本身,或者信号序列105的目标位置处的信号片段。这些信息例如可以被存储到图2所示的存储系统

250的不匹配样本存储库254中,以供后续使用。

[0052] 在后续过程中,错误诊断和反馈系统110(例如,模式聚类层230)确定450不匹配样本存储库254中存储的信息是否满足采样条件。通过满足采样条件,错误诊断和反馈系统110可以执行或者触发模式聚类过程460的执行。这样的模式聚类过程460将在下文讨论。

[0053] 图5示出了根据本公开的一些实现的用于错误模式挖掘过程500的流程图。过程500可以被实现为确定不同错误模式,从而能够针对不同错误模式建立相应的反馈,以存储到反馈存储库112中。过程500可以被实现在错误诊断和反馈系统110处。

[0054] 如图5所示,错误诊断和反馈系统110执行错误模式检测510,以从多个样本信号序列502确定错误的存在和提取错误模式。

[0055] 在初始阶段,可以通过错误模式挖掘过程500来确定与学习对象的一个或多个位置相关联的预定错误模式,以便预先建立针对这样的错误模式的反馈。在这种情况下,多个样本信号序列502可以是采集到的针对特定的一个学习对象的多次学习结果。然后,可以由错误诊断和反馈系统110中的模式执行层220针对多个样本信号序列502来执行错误模式检测,以确定样本信号序列502的各个位置处可能存在的错误模式。

[0056] 在一些实现中,可以利用错误诊断和反馈系统110中的模式执行层220来实现错误模式检测。对于给定样本信号序列502,模式执行层220可以基于对应的学习对象,利用与关于信号序列105相同或类似的方式,来确定该样本信号序列502中的各个位置处是否存在错误,并且检测出对应的错误模式。

[0057] 在一些实现中,在错误模式检测过程中,模式执行层220可以从样本信号序列502中划分与学习对象的多个学习元素分别对应的多个信号片段。例如,在发音的音频信号序列中,检测样本信号序列502中不同的音素、音节、词语或词组等一个或多个粒度分别对应的信号片段。模式执行层220可以利用标准信号序列中与各个位置对应的标准信号片段来确定每个位置处是否存在错误。例如,模式执行层220可以通过机器学习模型提取更特征信息进行比较,来确定每个位置处是否存在错误。

[0058] 在一些实现中,在检测到错误后,模式执行层220可以关于样本信号序列中出现错误的各个位置处提取特征信息。每个位置的特征信息可以用于指示该位置处的信号特征,因此在存在错误的情况下可以用于指示该位置处的信号片段的错误模式。对于在错误模式挖掘过程中所考虑的样本信号序列,从各个位置处提取的错误模式称为候选错误模式。在一些实现中,可以利用特定机器学习模型(也称为模式检测模型)来提取特征信息用以指示错误模式。这里使用的机器学习模型可以不同于用于错误诊断的机器学习模型,并使用更高阶的特征信息来指示不同位置对应的错误模式。在一些实现中,也可以直接利用在错误诊断阶段由机器学习模型针对某个位置处的信号片段提取的特征信息,用以指示该位置对应的错误模式。

[0059] 在一些实现中,在提取关于特定位置的特征信息时,可以只利用该位置处的信号片段本身来执行特征提取。在一些实现中,在提取特征信息时,还可以考虑该信号片段相关联的上下文信息。例如,对于给定位置,可以从给定位置处的信号片段以及该给定信号片段的至少一个相邻信号片段提取该位置对应的特征信息。这可以通过设计信号序列上的滑动窗口来实现。在实际应用中,例如对于同一个音素,在不同上下文(如相邻的不同音素)中可能会出现不同的发音错误。通过考虑上下文进行特征提取,可以涵盖与特定位置的学习元

素相关联的更多可能的错误模式。

[0060] 在前文提及的扩展的实现中,也可以通过错误模式挖掘过程500,利用在运行过程中从信号序列105采集到的未匹配的错误模式来扩展出新的错误模式。在这样的情况下,可以直接从不匹配样本存储库254中获取在特定位置处检测到的错误模式(例如,针对目标位置所提取的特征信息),作为该特定位置对应的候选错误模式。然后,该候选错误模式可以与相同位置处的其他候选错误模式一起被用于确定新的错误模式。

[0061] 对于同一个学习对象(例如,一个语句)的多个样本信号序列,可以提取到出现错误的不同位置(例如,不同音素)处的原始特征集。如图6所示,可以提取到样本信号序列中位置1的原始特征集521,位置2的原始特征集522等等。每个原始特征集包括从不同样本信号序列采集到的该位置处的特征信息,即候选错误模式。

[0062] 错误诊断和反馈系统110(例如,其中的模式聚类层230)执行模式聚类530,以从每个位置的候选错误模式(即,特征信息)聚类出多个预定错误模式。不同错误模式可以具有可区分的特征信息。对于一个学习对象(例如,一个语句)的一个学习元素(例如,一个音素),模式聚类层230可以聚类出与该学习元素对应的位置相关联的多个错误模式。如图5所示,对于位置1,可以确定错误模式1以及对应的特征信息541,错误模式2和对应的特征信息542;对于位置2,也可以类似地确定错误模式1以及对应的特征信息543,等等。在一些实现中,对于每个位置,聚类得到的特征信息可以被存储到存储系统250中的模式存储库252,用以指示各个位置处可能出现的预定错误模式。也就是说,对于每个位置,在模式存储库252中具体存储的是将针对样本信号序列中对应位置提取的特征信息聚类后的聚类结果,即多个特征信息集群,用于表征对应的预定错误模式。

[0063] 在一些实现中,在聚类出与每个位置相关联的多个预定错误模式后,模式聚类层230还可以触发人类智能层240(图2),以便建立和记录针对不同位置处确定的不同错误模式的特定反馈。人类智能层240可以基于专家知识来确定预定错误模式对应的反馈。具体地,人类智能层240可与技术人员/专家202交互,以获得预定错误模式对应的反馈。所获得的反馈可以与相关联的预定错误模式相关联地存储。例如,反馈可以被存储到反馈存储库112,每个反馈可以被映射到模式存储库252中存储的一个或多个错误模式(例如,这些错误模式可以是一个或多个学习对象下的一个或多个位置相关联的错误模式)。

[0064] 通过过程500可以完成错误模式聚类并且还可以实现反馈的建立。图6示出了根据本公开的一些实现的用于错误的模式匹配的过程600的流程图。过程600可以被实现在错误诊断和反馈系统110处,例如模式执行层220。过程600可以被认为是过程400中错误模式检测和模式匹配步骤的具体实现。

[0065] 在过程600中,模式执行层220基于学习对象,执行对信号序列105的错误模式检测610,其与过程500中的错误模式检测510类似。通过错误模式检测,模式执行层220可以确定信号序列105的某个目标位置处存在错误。模式执行层220可以通过特征提取的方式,至少从信号序列105的目标位置处的信号片段提取特征信息,并基于所提取的特征信息来确定目标位置对应的目标错误模式。在一些示例中,可以直接将所提取的特征信息用于指示该目标位置对应的目标错误模式。

[0066] 在一些实现中,在提取特征信息时,模式执行层220还可以利用上下文信息,从目标位置处的信号片段以及一个或多个相邻信号片段提取特征信息,以用于确定(或直接用

于指示) 该目标位置对应的目标错误模式。也就是说, 针对目标位置, 所提取的特征信息可以包括从该信号片段本身提取的特征信息, 或者从该信号片段以及相邻信号片段共同提取的特征信息。通过考虑上下文信息, 可以更好地表征目标位置对应的不同错误模式。

[0067] 如图6所示, 可以提取到信号序列105中位置1的特征信息621, 位置2的特征信息622等等, 分别指示这些位置对应的目标错误模式。

[0068] 在一些实现中, 模式执行层220可以利用声学模型来提取音频信号序列的特征信息, 并且可以利用其它机器学习模型或其他技术来提取其他类型的信号序列的特征信息。

[0069] 在过程600中, 模式执行层220执行按位置搜索630, 以从模式存储库252搜索出针对标准信号序列中的多个位置提取的特征信息。如前所述, 特征信息可以指示某个位置对应的错误模式。每个位置对应于标准信号序列中的一个位置, 该位置也可以对应到信号序列105中的位置。如图6所示, 可以搜索到位置1处的特征信息641, 其指示与位置1相关联的错误模式1, 位置1处的特征信息642, 其指示与位置1相关联的错误模式2 642; 位置2处的特征信息643其指示与位置2相关联的错误模式1, 位置2处的特征信息644, 其指示与位置1相关联的错误模式2; 等等。

[0070] 模式执行层220执行模式匹配650, 以将针对信号序列105中的目标位置提取的特征信息与该目标位置相关联的多个预定错误模式的特征信息相比较。特征信息的比较可以包括计算两组特征信息之间的相似度。特征信息可以被表示为多维向量, 因此在一些实现中相似度可以用向量之间的距离来表示。基于特征信息的比较结果, 例如特征信息的相似度, 模式执行层220可以确定在信号序列105的某个目标位置对应的目标错误模式是否匹配到与该位置相关联的某个预定错误模式。例如, 如果特征信息的相似度较低, 例如低于某个阈值, 那么模式执行层220可以确定在目标位置检测到的目标错误模式与对应的预定错误模式匹配。基于模式匹配的结果, 如上文所示, 模式执行层220可以提供与匹配的预定错误模式相对应的反馈提供给用户。

[0071] 可以理解, 以上图5和图6仅给出了关于错误模式检测和模式匹配的示例过程, 还可以存着其他方式来从信号序列检测错误和执行模式匹配。

[0072] 图7示出了根据本公开的一些实现的示例方法700的流程图。方法700可以被实现在图1的错误诊断和反馈系统110处。

[0073] 在框710, 错误诊断和反馈系统110获取信号序列。在框720, 错误诊断和反馈系统110基于学习对象, 确定信号序列的目标位置处存在错误。在框730, 错误诊断和反馈系统110检测信号序列的目标位置对应的目标错误模式。在框740, 如果目标错误模式与目标位置相关联的多个预定错误模式中的预定错误模式匹配, 错误诊断和反馈系统110从多个预定错误模式分别对应的多个反馈中选择与所匹配的预定错误模式对应的目标反馈。在框750, 错误诊断和反馈系统110提供目标反馈。

[0074] 在一些实现中, 信号序列包括发音的音频信号序列, 并且多个反馈包括与发音纠正有关的多个视频反馈。在一些实现中, 目标位置包括音频信号序列中与音素、音节、词或词组对应的位置。

[0075] 在一些实现中, 信号序列包括动作的视频信号序列, 并且多个反馈包括与动作纠正有关的多个视频反馈。在一些实现中, 目标位置包括视频信号序列中与一段运动轨迹对应的视频片段或视频信号序列中与静态姿势对应的视频帧。

[0076] 在一些实现中,确定信号序列的目标位置存在错误包括:从信号序列中与目标位置对应的信号片段提取第一特征信息,以及基于所提取的第一特征信息,确定信号序列的目标位置处存在错误。在一些实现中,检测目标错误模式包括:至少从信号序列中与目标位置对应的信号片段提取第二特征信息;以及基于所提取的第二特征信息来确定目标错误模式。

[0077] 在一些实现中,提取第二特征信息包括:从信号片段以及信号片段的至少一个相邻信号片段提取第二特征信息。

[0078] 在一些实现中,多个预定错误模式通过以下确定:检测针对学习对象的多个样本信号序列的目标位置对应的多个候选错误模式;以及通过聚类多个候选错误模式来确定多个预定错误模式。

[0079] 在一些实现中,针对多个预定错误模式中的给定预定错误模式,在存储系统中存储针对多个样本信号序列中的如下至少一个样本信号序列的目标位置提取的特征信息的聚类结果,至少一个样本信号序列被用于聚类出给定预定错误模式。

[0080] 在一些实现中,方法700还包括:如果目标错误模式不匹配于目标位置相关联的多个预定错误模式,存储针对信号序列中的目标位置提取的特征信息及关于目标位置的指示;以及至少基于针对目标位置提取的特征信息,确定与目标位置相关联的另一错误模式。

[0081] 在一些实现中,方法700还包括:基于专家知识来确定另一错误模式对应的反馈;以及与另一错误模式相关联地存储所确定的反馈。

[0082] 图8示出了能够实施本公开的多个实现的计算设备800的框图。应当理解,图8所示出的计算设备800仅仅是示例性的,而不应当构成对本公开所描述的实现的功能和范围的任何限制。计算设备800可以用于实现错误诊断和反馈系统110。

[0083] 如图8所示,计算设备800包括通用计算设备形式的计算设备800。计算设备800的组件可以包括但不限于一个或多个处理器或处理单元810、存储器820、存储设备830、一个或多个通信单元840、一个或多个输入设备850以及一个或多个输出设备860。

[0084] 在一些实现中,计算设备800可以被实现为具有计算能力的各种用户终端或服务终端。服务终端可以是各种服务提供方提供的服务器、大型计算设备等。用户终端诸如是任意类型的移动终端、固定终端或便携式终端,包括移动手机、站点、单元、设备、多媒体计算机、多媒体平板、互联网节点、通信器、台式计算机、膝上型计算机、笔记本计算机、上网本计算机、平板计算机、个人通信系统(PCS)设备、个人导航设备、个人数字助理(PDA)、音频/视频播放器、数码相机/摄像机、定位设备、电视接收器、无线电广播接收器、电子书设备、游戏设备或者其任意组合,包括这些设备的配件和外设或者其任意组合。还可预见到的,计算设备800能够支持任意类型的针对用户的接口(诸如“可佩戴”电路等)。

[0085] 处理单元810可以是实际或虚拟处理器并且能够根据存储器820中存储的程序来执行各种处理。在多处理器系统中,多个处理单元并行执行计算机可执行指令,以提高计算设备800的并行处理能力。处理单元810也可以被称为中央处理单元(CPU)、微处理器、控制器、微控制器。

[0086] 计算设备800通常包括多个计算机存储介质。这样的介质可以是计算设备800可访问的任何可以获得的介质,包括但不限于易失性和非易失性介质、可拆卸和不可拆卸介质。存储器820可以是易失性存储器(例如寄存器、高速缓存、随机访问存储器(RAM))、非易失性



存储器(例如,只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、闪存)或其某种组合。存储器820可以包括诊断和纠正模块822,这些程序模块被配置为执行本文所描述的各种实现的功能。错误诊断和反馈模块822可以由处理单元810访问和运行,以实现相应功能。

[0087] 存储设备830可以是可拆卸或不可拆卸的介质,并且可以包括机器可读介质,其能够用于存储信息和/或数据并且可以在计算设备800内被访问。计算设备800可以进一步包括另外的可拆卸/不可拆卸、易失性/非易失性存储介质。尽管未在图8中示出,可以提供用于从可拆卸、非易失性磁盘进行读取或写入的磁盘驱动和用于从可拆卸、非易失性光盘进行读取或写入的光盘驱动。在这些情况中,每个驱动可以由一个或多个数据介质接口被连接至总线(未示出)。

[0088] 通信单元840实现通过通信介质与另外的计算设备进行通信。附加地,计算设备800的组件的功能可以以单个计算集群或多个计算机器来实现,这些计算机器能够通过通信连接进行通信。因此,计算设备800可以使用与一个或多个其他服务器、个人计算机(PC)或者另一个一般网络节点的逻辑连接来在联网环境中进行操作。

[0089] 输入设备850可以是一个或多个各种输入设备,例如鼠标、键盘、追踪球、语音输入设备等。输出设备860可以是一个或多个输出设备,例如显示器、扬声器、打印机等。计算设备800还可以根据需要通过通信单元840与一个或多个外部设备(未示出)进行通信,外部设备诸如存储设备、显示设备等,与一个或多个使得用户与计算设备800交互的设备进行通信,或者与使得计算设备800与一个或多个其他计算设备通信的任何设备(例如,网卡、调制解调器等)进行通信。这样的通信可以经由输入/输出(I/O)接口(未示出)来执行。

[0090] 在一些实现中,除了被集成在单个设备上之外,计算设备1200的各个部件中的一些或所有部件还可以以云计算架构的形式被设置。在云计算架构中,这些部件可以被远程布置,并且可以一起工作以实现本公开所描述的功能。在一些实现中,云计算提供计算、软件、数据访问和存储服务,它们不需要终端用户知晓提供这些服务的系统或硬件的物理位置或配置。在各种实现中,云计算使用适当的协议通过广域网(诸如因特网)提供服务。例如,云计算提供商通过广域网提供应用,并且它们可以通过web浏览器或任何其他计算组件被访问。云计算架构的软件或组件以及相应的数据可以被存储在远程位置处的服务器上。云计算环境中的计算资源可以在远程数据中心位置处被合并或者它们可以被分散。云计算基础设施可以通过共享数据中心提供服务,即使它们表现为针对用户的单一访问点。因此,可以使用云计算架构从远程位置处的服务提供商提供本文所描述的组件和功能。备选地,它们也可以从常规服务器被提供,或者它们可以直接或以其他方式被安装在客户端设备上。

[0091] 下文列出本公开的一些示例实现方式。

[0092] 在第一方面,本公开提供了一种计算机实现的方法。该方法包括:获取信号序列;基于学习对象,确定所述信号序列的目标位置处存在错误;检测所述信号序列的所述目标位置对应的目标错误模式;如果所述目标错误模式与所述目标位置相关联的多个预定错误模式中的预定错误模式匹配,从所述多个预定错误模式分别对应的多个反馈中选择与所述匹配的所述预定错误模式对应的目标反馈;以及提供所述目标反馈。

[0093] 在一些实现中,信号序列包括发音的音频信号序列,并且多个反馈包括与发音纠正有关的多个视频反馈。在一些实现中,目标位置包括音频信号序列中与音素、音节、词或

词组对应的位置。

[0094] 在一些实现中,信号序列包括动作的视频信号序列,并且多个反馈包括与动作纠正有关的多个视频反馈。在一些实现中,目标位置包括视频信号序列中与一段运动轨迹对应的视频片段或视频信号序列中与静态姿势对应的视频帧。

[0095] 在一些实现中,确定信号序列的目标位置存在错误包括:从信号序列中与目标位置对应的信号片段提取第一特征信息,以及基于所提取的第一特征信息,确定信号序列的目标位置处存在错误。在一些实现中,检测目标错误模式包括:至少从信号序列中与目标位置对应的信号片段提取第二特征信息;以及基于所提取的第二特征信息来确定目标错误模式。

[0096] 在一些实现中,提取第二特征信息包括:从信号片段以及信号片段的至少一个相邻信号片段提取第二特征信息。

[0097] 在一些实现中,多个预定错误模式通过以下确定:检测针对学习对象的多个样本信号序列的目标位置对应的多个候选错误模式;以及通过聚类多个候选错误模式来确定多个预定错误模式。

[0098] 在一些实现中,针对多个预定错误模式中的给定预定错误模式,在存储系统中存储针对多个样本信号序列中的如下至少一个样本信号序列的目标位置提取的特征信息的聚类结果,至少一个样本信号序列被用于聚类出给定预定错误模式。

[0099] 在一些实现中,方法还包括:如果目标错误模式不匹配与目标位置相关联的多个预定错误模式,存储针对信号序列中的目标位置提取的特征信息及关于目标位置的指示;以及至少基于针对目标位置提取的特征信息,确定与目标位置相关联的另一错误模式。

[0100] 在一些实现中,该方法还包括:基于专家知识来确定另一错误模式对应的反馈;以及与另一错误模式相关联地存储所确定的反馈。

[0101] 在第二方面,本公开提供了一种电子设备。该电子设备包括:处理单元;以及存储器,耦合至处理单元并且包含存储于其上的指令,指令在由处理单元执行时使设备执行以下动作,动作包括:获取信号序列;基于学习对象,确定所述信号序列的目标位置处存在错误;检测所述信号序列的所述目标位置对应的目标错误模式;如果所述目标错误模式与所述目标位置相关联的多个预定错误模式中的预定错误模式匹配,从所述多个预定错误模式分别对应的多个反馈中选择与所匹配的所述预定错误模式对应的目标反馈;以及提供所述目标反馈。

[0102] 在一些实现中,信号序列包括发音的音频信号序列,并且多个反馈包括与发音纠正有关的多个视频反馈。在一些实现中,目标位置包括音频信号序列中与音素、音节、词或词组对应的位置。

[0103] 在一些实现中,信号序列包括动作的视频信号序列,并且多个反馈包括与动作纠正有关的多个视频反馈。在一些实现中,目标位置包括视频信号序列中与一段运动轨迹对应的视频片段或视频信号序列中与静态姿势对应的视频帧。

[0104] 在一些实现中,确定信号序列的目标位置存在错误包括:从信号序列中与目标位置对应的信号片段提取第一特征信息,以及基于所提取的第一特征信息,确定信号序列的目标位置处存在错误。在一些实现中,检测目标错误模式包括:至少从信号序列中与目标位置对应的信号片段提取第二特征信息;以及基于所提取的第二特征信息来确定目标错误模



式。

[0105] 在一些实现中,提取第二特征信息包括:从信号片段以及信号片段的至少一个相邻信号片段提取第二特征信息。

[0106] 在一些实现中,多个预定错误模式通过以下确定:检测针对学习对象的多个样本信号序列的目标位置对应的多个候选错误模式;以及通过聚类多个候选错误模式来确定多个预定错误模式。

[0107] 在一些实现中,针对多个预定错误模式中的给定预定错误模式,在存储系统中存储针对多个样本信号序列中的如下至少一个样本信号序列的目标位置提取的特征信息的聚类结果,至少一个样本信号序列被用于聚类出给定预定错误模式。

[0108] 在一些实现中,动作还包括:如果目标错误模式不匹配与目标位置相关联的多个预定错误模式,存储针对信号序列中的目标位置提取的特征信息及关于目标位置的指示;以及至少基于针对目标位置提取的特征信息,确定与目标位置相关联的另一错误模式。

[0109] 在一些实现中,动作还包括:基于专家知识来确定另一错误模式对应的反馈;以及与另一错误模式相关联地存储所确定的反馈。

[0110] 在第三方面,本公开提供了一种计算机程序产品,计算机程序产品被有形地存储于非瞬态计算机存储介质中并且包括机器可执行指令,机器可执行指令在由设备执行时使设备执行以下动作,动作包括:获取信号序列;基于学习对象,确定所述信号序列的目标位置处存在错误;检测所述信号序列的所述目标位置对应的目标错误模式;如果所述目标错误模式与所述目标位置相关联的多个预定错误模式中的预定错误模式匹配,从所述多个预定错误模式分别对应的多个反馈中选择与所匹配的所述预定错误模式对应的目标反馈;以及提供所述目标反馈。

[0111] 在一些实现中,信号序列包括发音的音频信号序列,并且多个反馈包括与发音纠正有关的多个视频反馈。在一些实现中,目标位置包括音频信号序列中与音素、音节、词或词组对应的位置。

[0112] 在一些实现中,信号序列包括动作的视频信号序列,并且多个反馈包括与动作纠正有关的多个视频反馈。在一些实现中,目标位置包括视频信号序列中与一段运动轨迹对应的视频片段或视频信号序列中与静态姿势对应的视频帧。

[0113] 在一些实现中,确定信号序列的目标位置存在错误包括:从信号序列中与目标位置对应的信号片段提取第一特征信息,以及基于所提取的第一特征信息,确定信号序列的目标位置处存在错误。在一些实现中,检测目标错误模式包括:至少从信号序列中与目标位置对应的信号片段提取第二特征信息;以及基于所提取的第二特征信息来确定目标错误模式。

[0114] 在一些实现中,提取第二特征信息包括:从信号片段以及信号片段的至少一个相邻信号片段提取第二特征信息。

[0115] 在一些实现中,多个预定错误模式通过以下确定:检测针对学习对象的多个样本信号序列的目标位置对应的多个候选错误模式;以及通过聚类多个候选错误模式来确定多个预定错误模式。

[0116] 在一些实现中,针对多个预定错误模式中的给定预定错误模式,在存储系统中存储针对多个样本信号序列中的如下至少一个样本信号序列的目标位置提取的特征信息的

聚类结果,至少一个样本信号序列被用于聚类出给定预定错误模式。

[0117] 在一些实现中,动作还包括:如果目标错误模式不匹配与目标位置相关联的多个预定错误模式,存储针对信号序列中的目标位置提取的特征信息及关于目标位置的指示;以及至少基于针对目标位置提取的特征信息,确定与目标位置相关联的另一错误模式。

[0118] 在一些实现中,动作还包括:基于专家知识来确定另一错误模式对应的反馈;以及与另一错误模式相关联地存储所确定的反馈。

[0119] 在第四方面,本公开提供了一种计算机可读介质,其上存储有机器可执行指令,机器可执行指令在由设备执行时使设备执行上述第一方面的方法的一个或多个实现。

[0120] 本文中以上描述的功能可以至少部分地由一个或多个硬件逻辑部件来执行。例如,非限制性地,可以使用的示范类型的硬件逻辑部件包括:场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)、专用标准产品(ASSP)、芯片上系统(SOC)、负载可编程逻辑设备(CPLD)等等。

[0121] 用于实施本公开的方法的程序代码可以采用一个或多个编程语言的任何组合来编写。这些程序代码可以提供给通用计算机、专用计算机或其他可编程数据处理装置的处理器的控制器,使得程序代码当由处理器或控制器执行时使流程图和/或框图中所规定的功能/操作被实施。程序代码可以完全在机器上执行、部分地在机器上执行,作为独立软件包部分地在机器上执行且部分地在远程机器上执行或完全在远程机器或服务服务器上执行。

[0122] 在本公开的上下文中,机器可读介质可以是有形的介质,其可以包含或存储以供指令执行系统、装置或设备使用或与指令执行系统、装置或设备结合地使用的程序。机器可读介质可以是机器可读信号介质或机器可读储存介质。机器可读介质可以包括但不限于电子的、磁性的、光学的、电磁的、红外的、或半导体系统、装置或设备,或者上述内容的任何合适组合。机器可读存储介质的更具体示例会包括基于一个或多个线的电气连接、便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM或快闪存储器)、光纤、便捷式紧凑盘只读存储器(CD-ROM)、光学储存设备、磁储存设备、或上述内容的任何合适组合。

[0123] 此外,虽然采用特定次序描绘了各操作,但是这应当理解为要求这样操作以所示出的特定次序或以顺序次序执行,或者要求所有图示的操作应被执行以取得期望的结果。在一定环境下,多任务和并行处理可能是有利的。同样地,虽然在上面论述中包含了若干具体实现细节,但是这些不应当被解释为对本公开的范围的限制。在单独的实现的上下文中描述的某些特征还可以组合地实现在单个实现中。相反地,在单个实现的上下文中描述的各种特征也可以单独地或以任何合适的子组合的方式实现在多个实现中。

[0124] 尽管已经采用特定于结构特征和/或方法逻辑动作的语言描述了本主题,但是应当理解所附权利要求书中所限定的主题未必局限于上面描述的特定特征或动作。相反,上面所描述的特定特征和动作仅仅是实现权利要求书的示例形式。

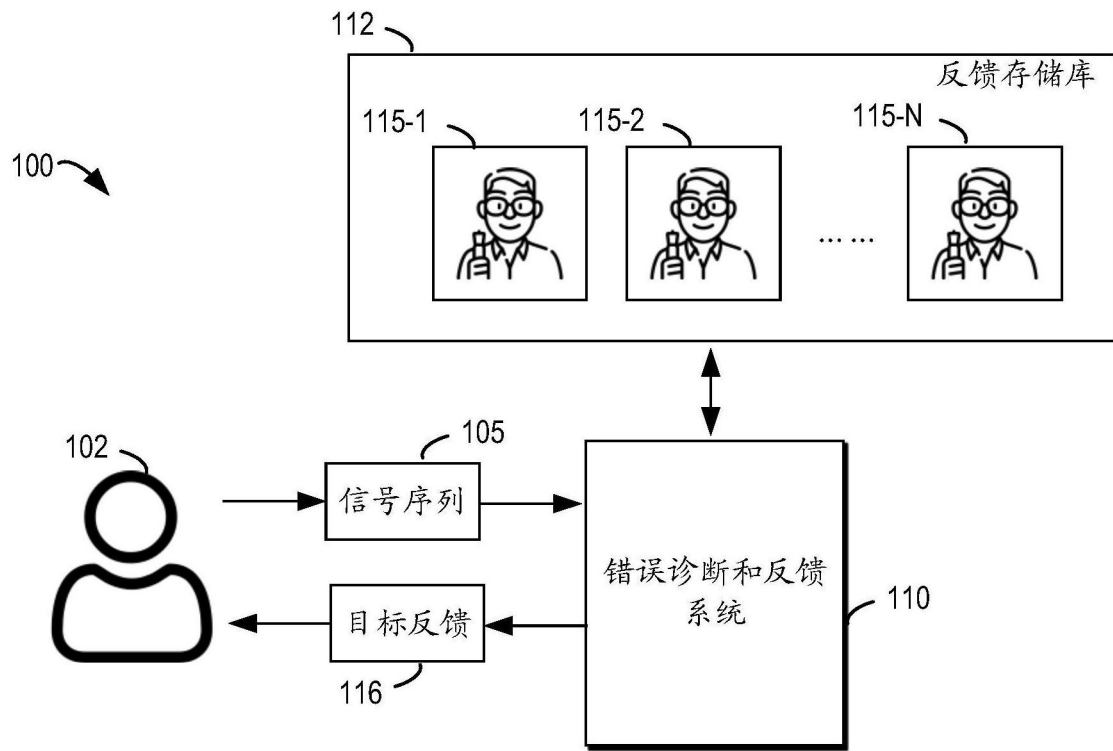


图1

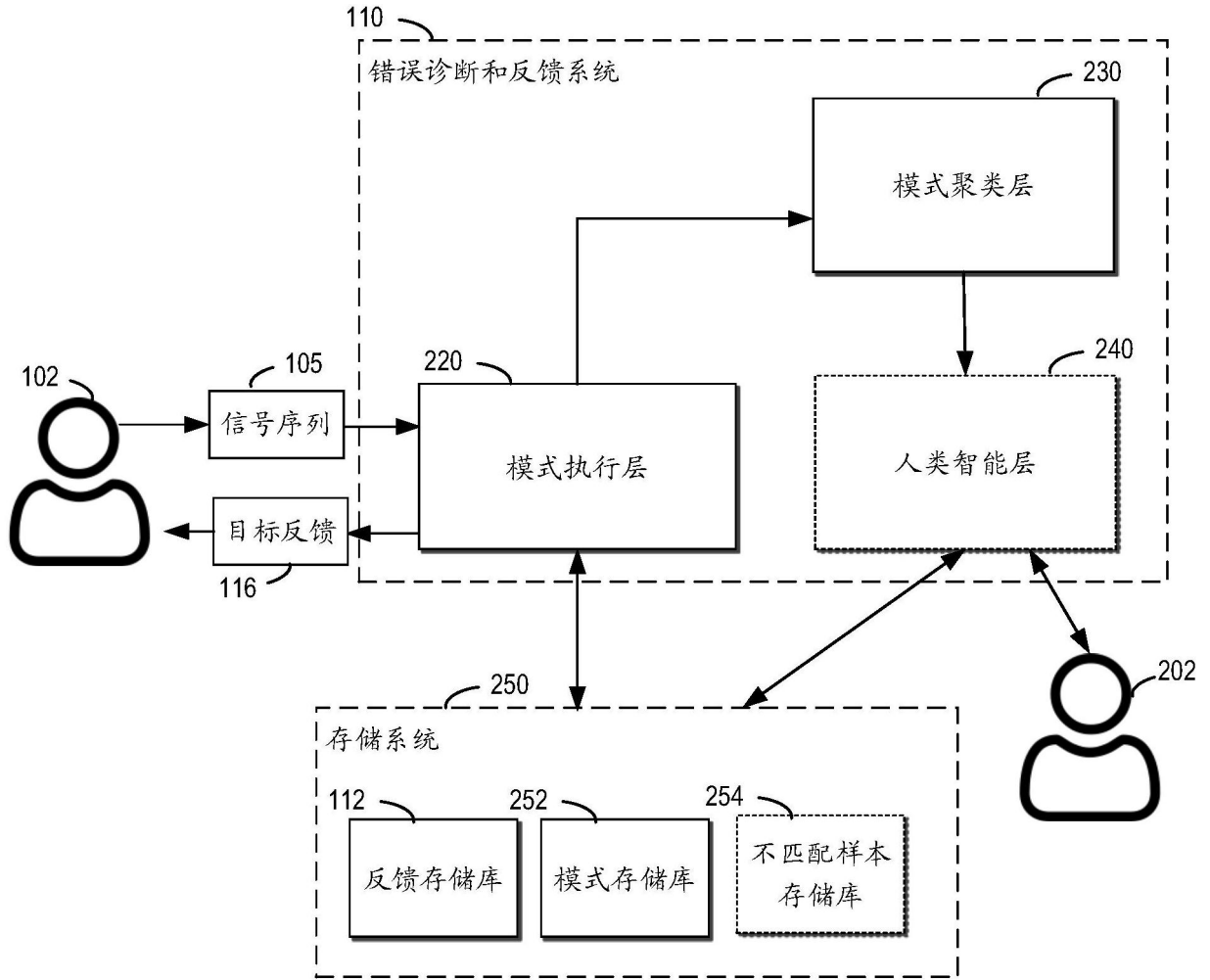


图2

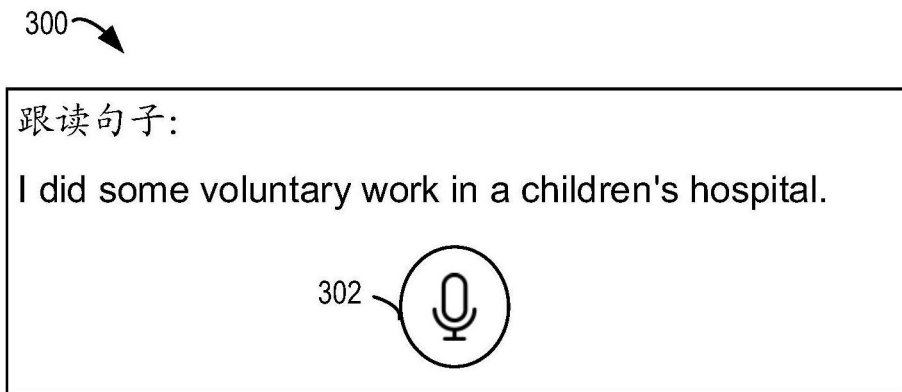


图3A

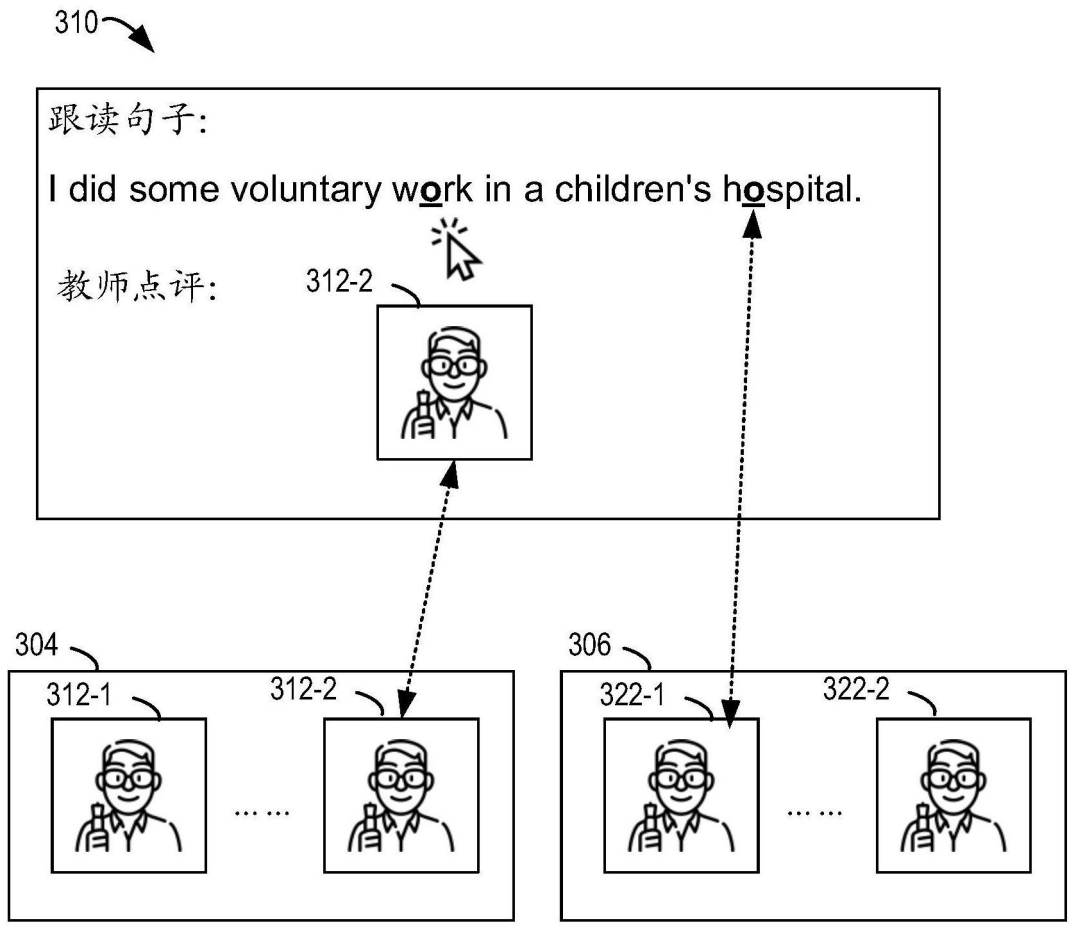


图3B

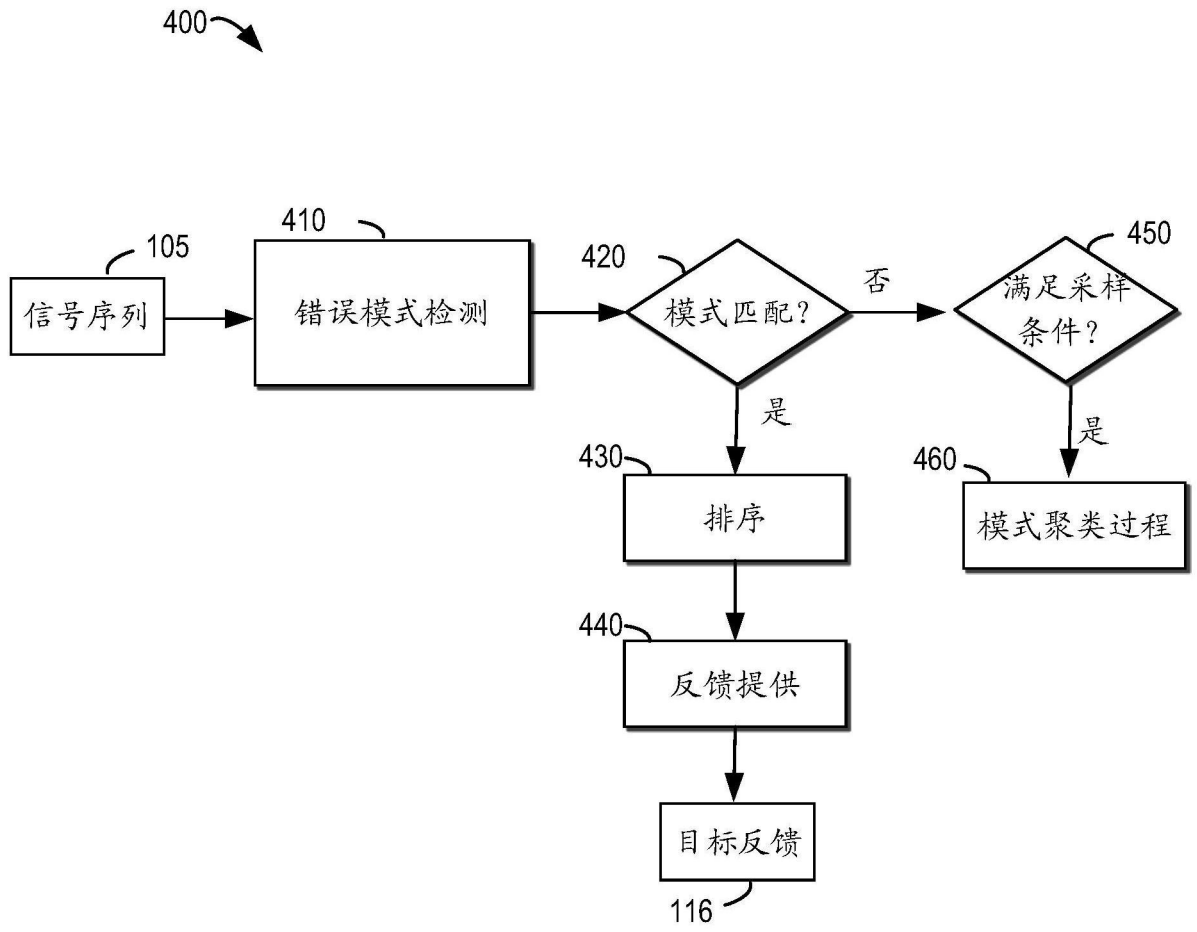


图4

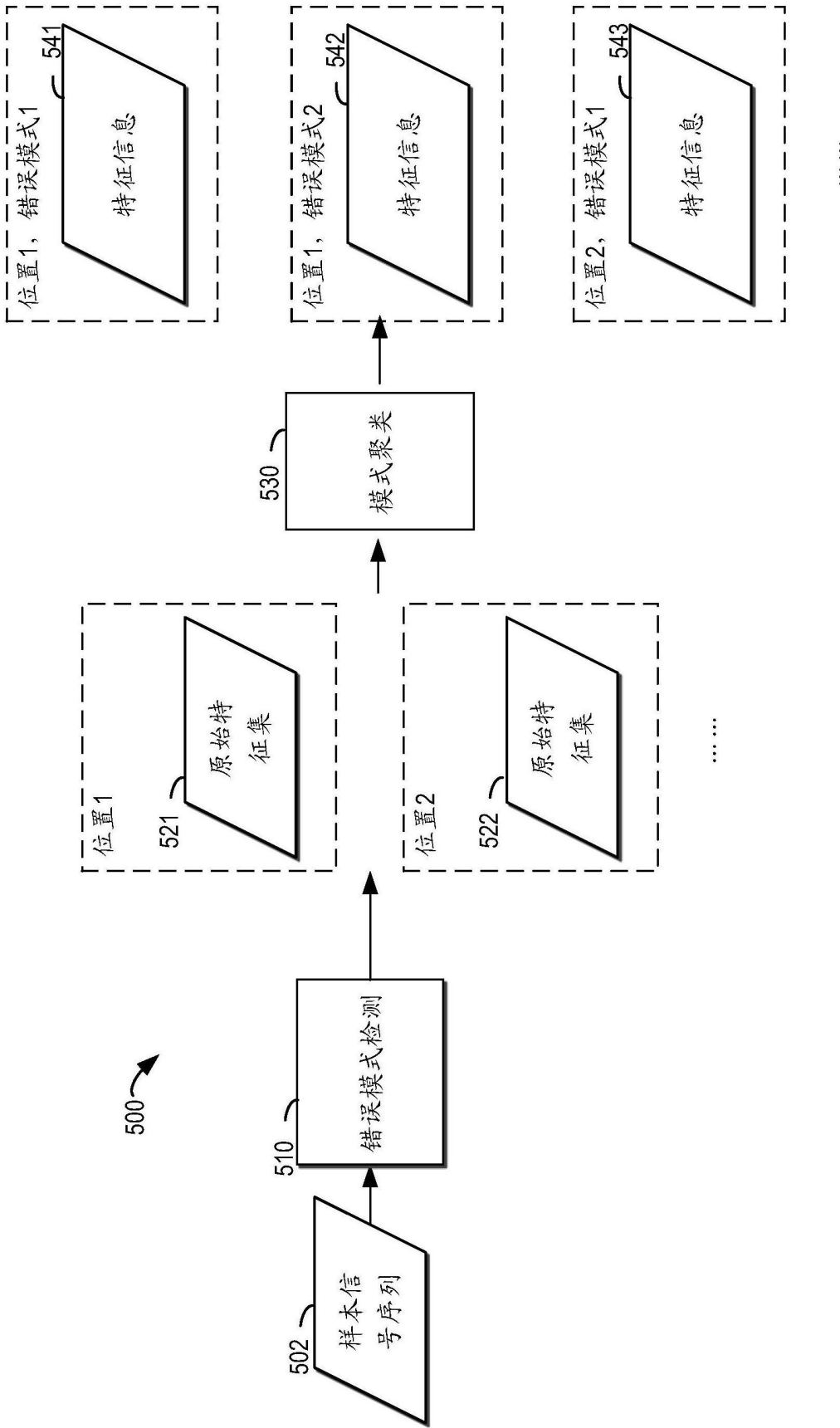


图5

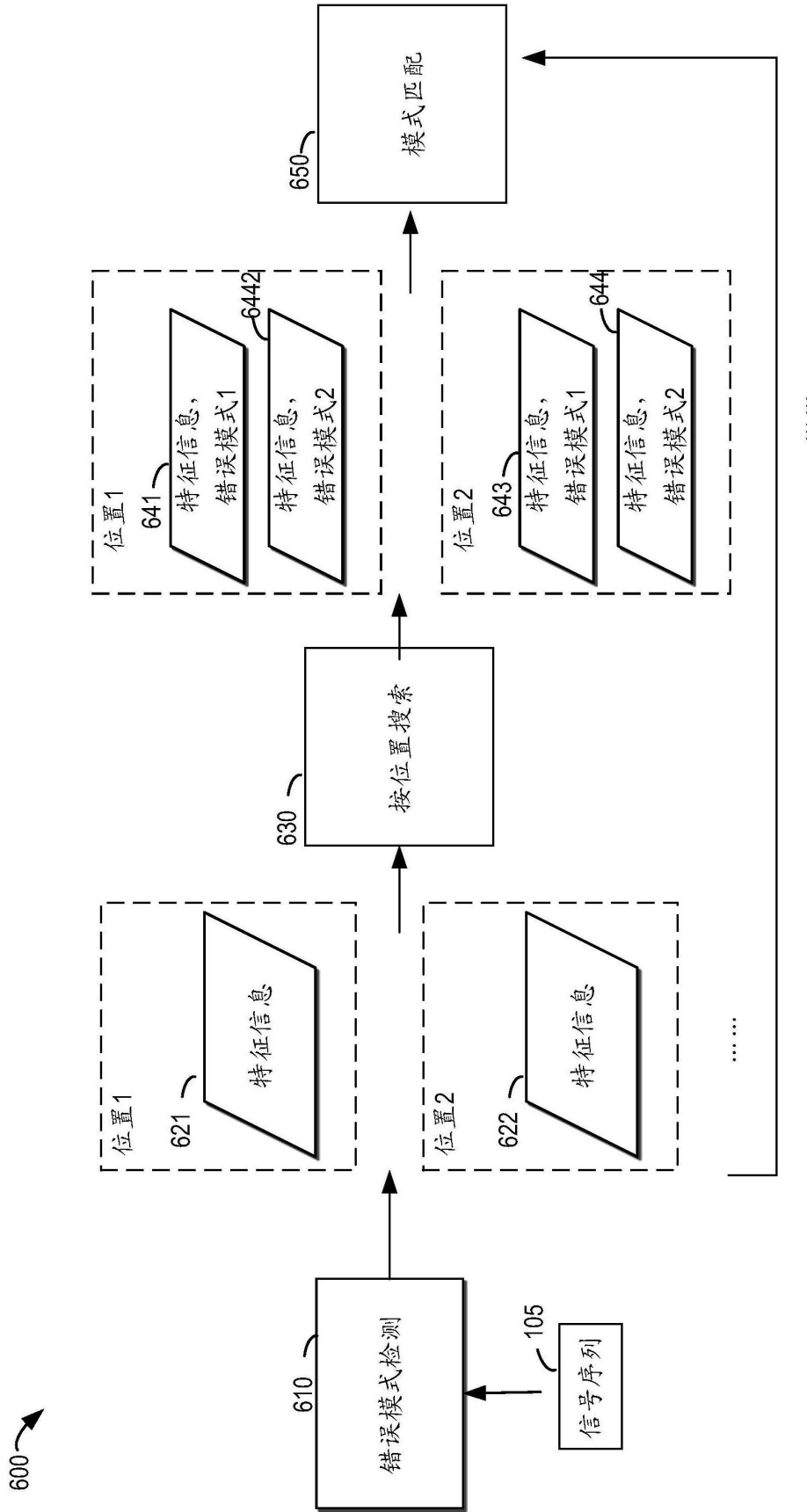


图6



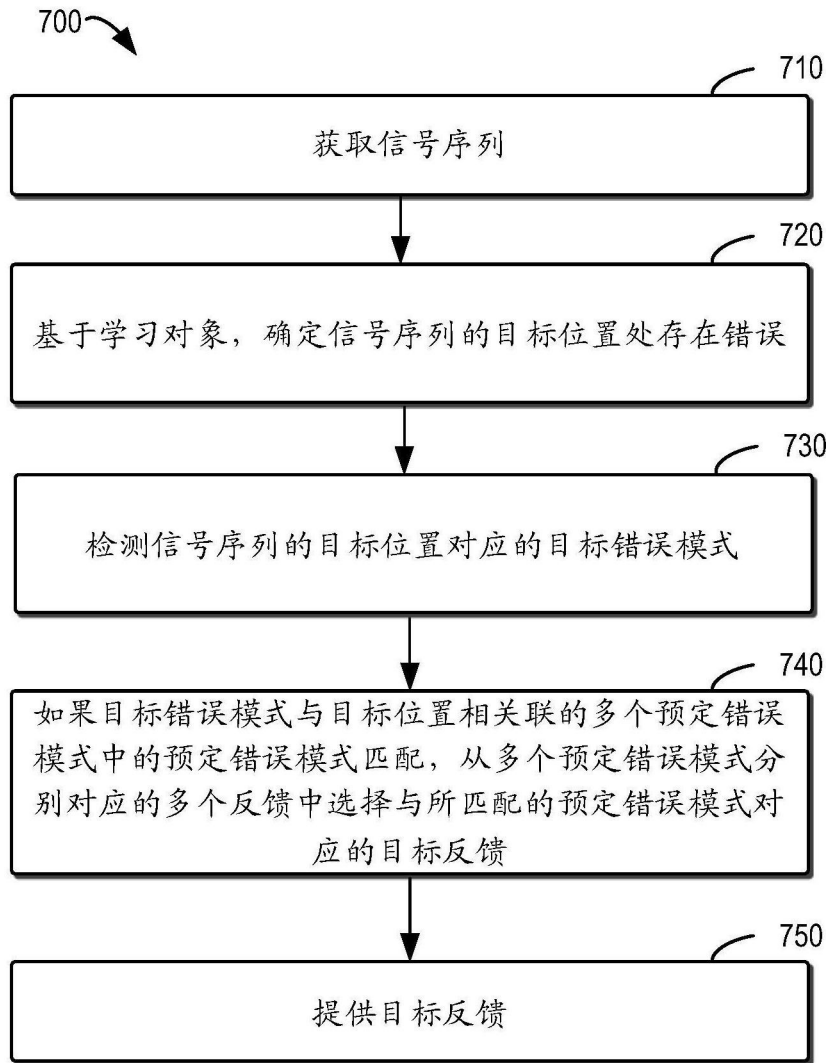


图7

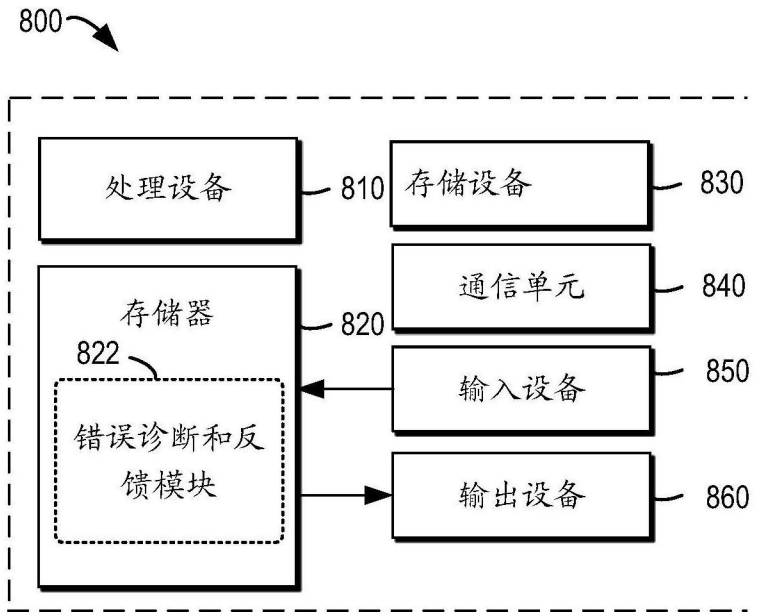


图8