

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局



(43) 国际公布日  
2020 年 12 月 17 日 (17.12.2020)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号  
WO 2020/248388 A1

(51) 国际专利分类号:

G10L 13/02 (2013.01) G10L 13/04 (2013.01)  
G10L 25/60 (2013.01) G10L 25/03 (2013.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/103426

(22) 国际申请日: 2019 年 8 月 29 日 (29.08.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:

201910500699.0 2019 年 6 月 11 日 (11.06.2019) CN

(71) 申请人: 平安科技(深圳)有限公司(PING AN TECHNOLOGY (SHENZHEN) CO., LTD.) [CN/CN];  
中国广东省深圳市福田区福田街道福安社区益田路 5033 号平安金融中心 23 楼, Guangdong 518000 (CN)。

(72) 发明人: 王健宗(WANG, Jianzong); 中国广东省深圳市福田区福田街道福安社区益田路 5033 号平安金融中心 23 楼, Guangdong 518000 (CN)。曾振(ZENG, Zhen); 中国广东省深圳市福田区福田街道福安社区益田路 5033 号平安金融中心 23 楼, Guangdong 518000 (CN)。罗剑(LUO, Jian); 中国广东省深圳市福田区福田街道福安社区益田路 5033 号平安金融中心 23 楼, Guangdong 518000 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市世联合知识产权代理有限公司(SL INTELLECTUAL PROPERTY CO., LTD.); 中国广东省深圳市福田区泰然六路泰然科技园 205 栋二层 203-206, Guangdong 518000 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TRAINING SINGING VOICE SYNTHESIS MODEL, COMPUTER APPARATUS, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 歌声合成模型的训练方法、装置、计算机设备以及存储介质

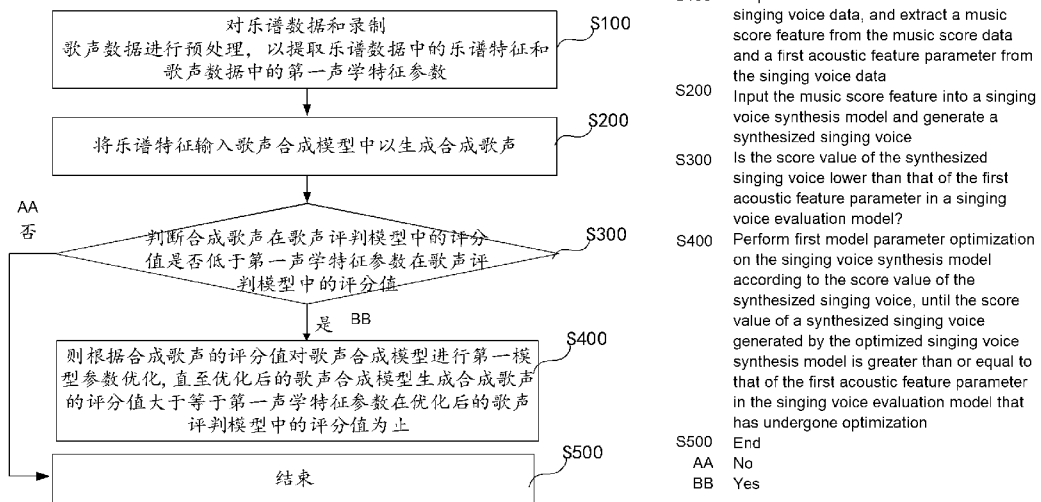


图 1

(57) Abstract: The present application discloses an artificial intelligence method and device for training a singing voice synthesis model, a computer apparatus, and a storage medium. The method for training a singing voice synthesis model comprises: preprocessing music score data and singing voice data, and extracting a music score feature from the music score data and a first acoustic feature parameter from the singing voice data; inputting the music score feature into a singing voice synthesis model and generating a synthesized singing voice; determining whether or not the score value of the synthesized singing voice is lower than that of the first acoustic feature parameter in a singing voice evaluation model; and if so, performing first model parameter optimization on the singing voice synthesis model according to the score value of the synthesized singing voice, until the score value of a synthesized singing voice generated by the optimized singing voice synthesis model is greater than or equal to that of the first acoustic feature parameter in the singing voice evaluation model that has undergone optimization. By using the technique, the present application can improve the synthesis effects of the singing voice synthesis model.



CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本申请公开了一种人工智能的歌声合成模型的训练方法、装置、计算机设备以及存储介质, 歌声合成模型的训练方法包括: 对乐谱数据和歌声数据进行预处理, 以提取乐谱数据中的乐谱特征和歌声数据中的第一声学特征参数; 将乐谱特征输入歌声合成模型中以生成合成歌声; 判断合成歌声在歌声评判模型中的评分值是否低于第一声学特征参数在歌声评判模型中的评分值; 若判断为是, 则根据合成歌声的评分值对歌声合成模型进行第一模型参数优化, 直至优化后的歌声合成模型生成合成歌声的评分值大于等于第一声学特征参数在优化后的歌声评判模型中的评分值为止。通过上述方式, 本申请能够提升歌声合成模型的合成效果。

## 歌声合成模型的训练方法、装置、计算机设备以及存储介质

### 【交叉引用】

本申请以2019年6月11日提交的申请号为201910500699.0，名称为“歌声合成模型的训练方法、装置、计算机设备以及存储介质”的中国发明专利申请为基础，并要求其优先权。

### 【技术领域】

本申请涉及应用于歌唱的音频信号处理领域，特别是涉及一种歌声合成模型的训练方法、装置、计算机设备以及存储介质。

### 【背景技术】

歌声合成技术指通过提供乐谱与歌词，机器自动合成出拟人的歌声的过程。其中，歌声合成涉及两个方面，语音合成和音高。相对于语音合成，歌声合成还引入了音高信息的处理。同时，由于音高的引入，歌声信息数据的复杂度相较于语音更高，尤其在模拟过程当中对声音频率的把控更为严格，相比于语音更加的复杂多变，因此相较于语音合成，歌声合成的难度更大。歌声合成需要输出符合歌唱过程中平滑的音频曲线，以保证声音足够自然，同时在起承转合处体现人声的细节特征，以实现合成的歌声能够拟人。现有方案基于现有语音的声音模拟模型，为了获得更好的歌声合成效果，通常使用更多的歌声数据来训练模型，或者使用更复杂的歌声合成模型通过将大量收录的歌声放入训练模型循环训练提取歌声的特征以提升模型对于歌声合成的准确性。然而，录制歌声数据是需要耗费大量的人力、财力，因此需要研究人员会在模型上不断进行优化。

### 【发明内容】

本申请主要解决的技术问题是提供一种歌声合成模型的训练方法、装置、计算机设备以及存储介质，能够解决现有技术中歌声合成模型的训练需要大量耗费人力财力来录制歌声数据的问题。

为解决上述技术问题，本申请采用的一个技术方案是：提供一种歌声合成模型的训练方法，所述歌声合成模型的训练方法包括：对乐谱数据和录制的歌

声数据进行预处理，以提取所述乐谱数据中的乐谱特征和所述歌声数据中的第一声学特征参数；将所述乐谱特征输入歌声合成模型中以生成合成歌声；判断所述合成歌声在歌声评判模型中的评分值是否低于所述第一声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值；若判断为是，则根据所述合成歌声的评分值对所述歌声合成模型进行第一模型参数优化，直至优化后的歌声合成模型生成合成歌声的评分值大于等于所述第一声学特征参数在优化后的歌声评判模型中的评分值为止。

为解决上述技术问题，本申请采用的又一个技术方案是：提供一种计算机设备，所述计算机设备包括处理器以及存储器，所述存储器中存储有计算机可读指令，所述处理器在工作时执行计算机可读指令以实现上述任一项所述的歌声合成模型的训练方法。

为解决上述技术问题，本申请采用的再一个技术方案是：提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机可读指令，其特征在于，所述计算机可读指令被处理器执行以实现如上述任一项所述的歌声合成模型的训练方法。

本申请一个或多个实施例的细节在下面的附图和描述中提出，本申请的其他特征和优点将从说明书、附图以及权利要求中明显体现。

## 【附图说明】

为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图，其中：

图 1 是本申请歌声合成模型的训练方法一实施方式的流程示意图；

图 2 是图 1 中步骤 S100 一实施方式的流程示意图；

图 3 是本申请歌声合成模型训练方法一实施方式的框架示意图；

图 4 是图 1 中步骤 S200 一实施方式的流程示意图；

图 5 是本申请因果卷积网络结构的示意图；

图 6 是图 1 中步骤 S300 一实施方式的流程示意图；

图 7 是图 1 中步骤 S400 一实施方式的流程示意图；

图 8 是图 7 中步骤 S420 一实施方式的流程示意图；

图 9 是本申请提供的歌声合成模型的训练装置第一实施例的示意框图；

图 10 是本申请提供的计算机设备实施例的示意框图；

图 11 是本申请提供的计算机可读存储介质实施例的示意框图。

## 【具体实施方式】

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅是本申请的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

本申请中的术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”、“第三”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。本申请的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确具体的限定。本申请实施例中所有方向性指示(诸如上、下、左、右、前、后……)仅用于解释在某一特定姿态(如附图所示)下各部件之间的相对位置关系、运动情况等，如果该特定姿态发生改变时，则该方向性指示也相应地随之改变。此外，术语“包括”和“具有”以及它们任何变形，意图在于覆盖不排他的包含。例如包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备没有限定于已列出的步骤或单元，而是可选地还包括没有列出的步骤或单元，或可选地还包括对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

在本文中提及“实施例”意味着，结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例，也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是，本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

请参阅图 1，图 1 为本申请歌声合成模型的训练方法一实施方式的流程示意图，如图 1 所示，本申请歌声合成模型的训练方法包括如下步骤：

S100，对乐谱数据和录制的歌声数据进行预处理，以提取乐谱数据中的乐谱特征和歌声数据中的第一声学特征参数。

可选地，歌声合成所需的数据主要包括乐谱数据以及歌声数据。其中，本申请中的歌声数据指的是通过歌手录制而成的音频数据，而非通过机器合成的歌声数据，且其预处理流程可以结合图 2，图 2 为本申请步骤 S100 一实施方式的流程示意图，如图 2 步骤 S100 进一步包括如下子步骤：

S110，对歌声数据进行预加重处理，以使得歌声数据的信号频谱平坦。

步骤 S110 中，对歌声数据进行预加重处理的目的是为了提升歌声数据中的高频部分，使信号的频谱变得平坦，保持在低频到高频的整个频带中，能用同样的信噪比求频谱。同时，也是为了消除发声过程中声带和嘴唇的效应，来补偿歌声数据（语音信号）受到发音系统所抑制的高频部分，也为了突出高频的共振峰，预加重处理其实是将歌声数据通过一个高通滤波器。

S120，将预加重处理后的歌声数据分割成整数帧。

进一步，将预加重处理后的歌声数据的  $N$  个采样点集合成一个观测单位，称为帧。通常情况下  $N$  的值可以为 256 或 512，涵盖的时间约为 20~30ms 左右。为了避免相邻两帧的变化过大，因此会让两相邻帧之间有一段重叠区域，此重叠区域包含了  $M$  个取样点，通常  $M$  的值约为  $N$  的  $1/2$  或  $1/3$ 。

可选地，将上述每一帧歌声数据信号进行加窗处理。其中，对于窗函数的选择，应考虑被分析信号的性质与处理要求，本实施例中可以采用矩形窗、三角窗亦称费杰窗、汉宁窗、汉明窗或高斯窗的一种，此处不做具体限定。不同的窗函数对信号频谱的影响是不一样的，主要是因为不同的窗函数，产生泄漏的大小不一样，频率分辨能力也不一样。在本申请一具体实施方式中，窗函数选用汉明窗，将每一帧歌声数据信号分别乘以汉明窗，以增加每一帧左端和右端的连续性。

S130，获取每一帧歌声数据的频谱信息，以得到每一帧歌声数据的第一声学特征参数。

由于信号在时域上的变换通常很难看出信号的特性，所以通常将它转换为频域上的能量分布来观察，不同的能量分布，就能代表不同歌声数据信号的特性。所以在乘上汉明窗后，每帧的歌声数据信号还必须再经过快速傅里叶变换以得到在频谱上的能量分布，对分帧加窗后的各帧歌声数据信号进行快速傅里叶变换得到每一帧的频谱信息，从而获取每一帧歌声数据的第一声学特征参数，其中，所述第一声学特征参数至少包括谱线能量、基频特征以及梅尔频率倒谱系数（MFCC）。

其中，谱线能量和梅尔频率倒谱系数的获取是通过如下方式：

谱线能量的获取通过对每一帧歌声数据信号的频谱取模平方得到歌声数据信号的谱线能量。梅尔频率倒谱系数的获取是通过将上面的频谱通过 Mel 滤波器组得到 Mel 频谱，通过 Mel 频谱，可以将线形的自然频谱转换为体现人类听觉特性的 Mel 频谱，在 Mel 频谱上面进行倒谱分析，即取对数，做逆变换，实际逆变换一般是通过 DCT 离散余弦变换来实现，取 DCT 后的第 2 个到第 13 个系数作为 MFCC 系数，获得梅尔频率倒谱系数。

进一步，步骤 S100 中还包括对乐谱数据的预处理以获得乐谱特征。具体地，系统提取乐谱数据中的歌词、音符音高序列、音符时长序列等信息，接着歌词文本可以通过文本分析计算机可读指令生成文本标注序列，进而通过训练得到的语音合成模型生成歌词对应的隐马尔科夫模型（HMM）序列，并进一步从该系列中预测出谱线参数，即告诉处理器（计算机）这段歌词在说话中是如何发音的。

进一步，由于每个音节的发音时长是有乐谱的音符时长和音符类型共同决定的，所以需要由乐谱给定的音符时长约束来拉伸或者收缩语音的谱特征序列，生成对应歌声的谱特征序列，再由于歌声的基频是有乐谱的音符音高确定的，所以需要由乐谱给定的音符音高和音符时长生成初始的离散阶跃的基频轨迹，通过基频控制模型增加基频过冲、预备动态特征和颤音后，生成对应歌声的基频轨迹，最后使用语音声码器由特征序列和基频轨迹合成出歌声。

S200，将乐谱特征输入歌声合成模型中以生成合成歌声。

请一并结合 3 和图 4，图 3 为本申请歌声合成训练方法一实施方式的框架示意图，图 4 为本申请步骤 S200 一实施方式的流程示意图，步骤 S200 进一步包括如下子步骤：

S210，将乐谱特征依序输入歌声合成模型。

将步骤 S100 中从乐谱数据中提取到的乐谱特征，即根据乐谱数据中的歌词、音符音高序列、音符时长序列等信息生成的 HMM 序列、谱特征序列等输入至歌声合成模型。

可选地，结合图 3 本申请中歌声合成系统主要可以包括两个模型，分别是歌声合成模型以及歌声判别式模型。其中，歌声合成模型可以由因果卷积网络（WaveNet）构建。结合图 5，图 5 为本申请因果卷积网络结构的示意图，图 5 示意了因果卷积神经网络的网络结构，具体包括输入层（Input）、多个隐藏层

(Hidden Layer) 以及输出层 (Output)。其中, WaveNet 是一种自回归 (autoregression) 的深度生成模型, 它直接在语音波形层面建模, 将波形序列的联合概率分解为条件概率连乘。

可选地, 本申请中歌声判别式模型也可以采用因果卷积网络构建, 在具体实施方式中, 将一段音频数据的声学特征参数逐帧输入该歌声判别式模型中, 歌声判别式模型能够给出这段音频数据的自然度评分。其中, 评分越高则说明歌声合成模型的合成效果越好, 或者表示该声学参数代表的该段音频数据为歌手录制的。

S220, 根据乐谱特征获取每一帧的第二声学特征参数。

可选地, 将乐谱特征参数依序输入至歌声合成模型中后, 会得到每一帧对应的第二声学特征参数。其中, 该第二声学特征参数和歌声数据在中的第一声学特征参数相同, 且数据处理的过程类似, 详见第一声学特征参数的获取过程, 此处不再赘述。也即是, 本实施例中的第二声学特征参数也包括谱线能量、基频特征以及梅尔频率倒谱系数。

S230, 将第二声学特征参数输入语音合成声码器中以生成合成歌声。

可选地, 利用语音合成声码器将第二声学特征参数转化成合成歌声。

S300, 判断合成歌声在歌声评判模型中的评分值是否低于第一声学特征参数在歌声评判模型中的评分值。

可选地, 结合图 6, 图 6 为本申请步骤 S300 一实施方式的流程示意图, 如图 6 步骤 S300 进一步包括如下子步骤:

S310, 分别将第一声学特征参数和第二声学特征参数输入歌声评判模型。

具体地, 歌声评判模型一般是对一段歌声或者录音歌声进行自然度评分, 数学角度上理解就是一个分类模型, 尝试将合成歌声与录制歌声尽可能区分开。

S320, 通过二分类算法将第二声学特征参数与第一声学特征参数进行区分, 以分别获取第一声学特征参数和第二声学特征参数在歌声评判模型中的评分值。

进一步, 歌声评判模型通过二分类算法将第二声学特征参数与第一声学特征参数进行区分, 本申请中可以采用的二分类算法包括决策树算法、随机森林算法、朴素贝叶斯以及逻辑回归等等, 此处不做具体限定。

可选地, 本申请中第一声学特征参数为不是通过合成的歌声的声学特征参数, 而是通过录制而成的歌声的声学特征参数, 用作评判第二声学特征参数的标准。

可选地，歌声评判模型分别对第一声学特征参数和第二声学特征参数进行评分，以获取二者的评分值。其中，声学特征参数在歌声评判模型中的评分值代表歌声的自然度和拟人度，从而区分机器合成的歌声和歌手录制的歌声。其中，拟人度表示第二声学参数代表的合成歌声与第一声学特征参数代表的歌声数据的相似度。当然，在具体实施方式中，评分值越高则说明歌声越自然。

S330，将第一声学特征参数和第二声学特征参数在歌声评判模型中的评分值进行比较。

可选地，本申请中以第一声学特征参数的评分值作为参考基准，将第二声学特征参数的评分值和第一声学特征参数的评分值作比较，若第二声学特征参数的评分值小于第一声学特征参数的评分值，则合成歌声的自然度和拟人度效果差于录制歌声数据的自然度和拟人度，则此时需要对歌声合成模型进行第一模型参数优化，即进入步骤 S400。反之，若判断第二声学特征参数的评分值大于或者等于第一声学特征参数的评分值，则说明该歌声合成模型合成的歌声自然度和拟人度高，表明所述第二声学特征参数与第一声学特征参数的区分度越小，此时可以无需调整歌声合成模型的参数，则进入步骤 S500，结束。

S400，则根据合成歌声的评分值对歌声合成模型进行第一模型参数优化，直至优化后的歌声合成模型生成合成歌声的评分值大于等于第一声学特征参数在优化后的歌声评判模型中的评分值为止。

结合图 7，图 7 为本申请步骤 S400 一实施方式的流程示意图，步骤 S400 进一步包括如下子步骤：

S410，根据第二声学特征参数的评分值获取歌声合成模型的偏差。

获取歌声合成模型的偏差：

$$L_G(y, \hat{y}) = L_{MCE}(y, \hat{y}) + \alpha L_{ADV}^{GAN}(\hat{y})$$

其中， $L_{MCE}(y, \hat{y})$  为录制歌声数据  $y$  与合成歌声  $\hat{y}$  的声学参数均方误差， $L_{ADV}^{GAN}(\hat{y})$  反应了歌声评判模型对合成歌声的评分。

S420，对歌声合成模型进行参数优化以减小所述歌声合成模型的偏差。

本申请中可以采用梯度下降算法优化模型，以让上式的值不断减少，减少合成模型的偏差。

结合图 8，图 8 为本申请步骤 S420 一实施方式的流程示意图，步骤 S420 进一步包括如下子步骤：

在获取第一模型参数的梯度下降距离之前还需要预先对歌声合成模型进行拟合处理，具体地，已知假设函数为：

$$h_{\theta}(x_0, x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=0}^n \theta_i x_i$$

以及确定对歌声合成模型进行参数优化的损失函数为：

$$J(\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_n) = \frac{1}{2m} \sum_{j=0}^m (h_{\theta}(x_0^{(j)}, x_1^{(j)}, \dots, x_n^{(j)}) - y_j)^2$$

其中，所述假设函数、所述损失函数的选择与优化时应用的梯度下降算法所采用的回归方式相关。当应用线性回归时，所采用的假设函数、损失函数如上式所示。也即采用了不同的回归方式就会有不同的假设函数和损失函数。所述假设函数对应的曲线与数据实际的分布存在差异，使得模型无法拟合（拟合的过程称为回归），因此需要所述损失函数来弥补，使得模型得出的估计值与实际值之间的差异最小。

其中， $\theta_i (i=0,1,2,\dots,n)$  为第一模型参数； $x_i (i=0,1,2,\dots,n)$  为样本的  $n$  个特征。

S421，获取第一模型参数的梯度下降距离。

具体地，具体通过步长  $\alpha$  乘以所述损失函数的梯度，其中，

$$l_i = \alpha \frac{\partial}{\partial \theta_i} J(\theta_0, \theta_0, \dots, \theta_n), \quad \text{其中 } \frac{\partial}{\partial \theta_i} J(\theta_0, \theta_0, \dots, \theta_n) \text{ 为损失函数的梯度表达式。}$$

S422，判断所有第一模型参数的梯度下降距离是否都小于终止距离。

步骤 S422 中判断所有第一模型参数  $\theta_i$  的的梯度下降距离  $l_i$  是否都小于终止距离  $\varepsilon$ ，若判断为是，则进入步骤 S423。反之，则进入步骤 S424。

S423，停止对歌声合成模型的第一模型参数进行优化。

当所有所述第一模型参数  $\theta_i$  的梯度下降距离  $l_i$  小于终止距离  $\varepsilon$  时，停止对歌声合成模型的所述第一模型参数进行优化。

S424，更新第一模型参数。

可选地，根据梯度下降算法的思想，所述第一模型参数  $\theta_i$  在  $i$  等于 1 时取的是峰值。所述第一模型参数  $\theta_i$  的值会随着梯度下降的次数的增加而逐渐减小，同时梯度下降距离  $l_i$  的取值也会逐渐减小，因此也就能越来越逼近终止距离  $\varepsilon$ 。

按照公式  $\theta_i = \theta_i - \alpha \frac{\partial}{\partial \theta_i} J(\theta_0, \theta_0, \dots, \theta_n)$  更新所述第一模型参数  $\theta_i$ 。

其中，公式  $\theta_i = \theta_i - \alpha \frac{\partial}{\partial \theta_i} J(\theta_0, \theta_0, \dots, \theta_n)$  中的等号应当理解成赋值。

通过上述以梯度下降的方式对第一模型参数 $\theta_i$ 进行优化,有利于所述歌声合成模型的拟合,并且避免了所述第一模型参数 $\theta_i$ 错过最佳值,造成歌声合成模型过拟合。

可选地,本申请中的歌声合成模型的训练方法还可以进一步包括根据合成歌声的评分值对歌声评判模型进行第二模型参数优化。

具体地,在本申请中歌声评判模型也采用了因果卷积神经网络,对歌声评判模型进行第二模型参数的优化过程可以参考对歌声合成模型进行第一模型参数优化的过程。需要说明的是,歌声评判模型进行的是梯度上升损失,以尽可能拉大第二声学参数与第一声学特征参数之间的差异,即让录制歌声数据的评分值高,合成歌声的评分值低,且歌声合成模型与歌声评判模型在训练过程中相互竞争,对抗学习,从而不断提升歌声合成模型的合成效果。

上述实施方式中,通过将乐谱特征输入歌声合成模型进行歌声合成,再获取合成歌声在歌声评判模型中的评分值,将合成歌声的评分值和录制歌声的评分值进行比较,若合成歌声的评分值小于录制歌声的评分值,则根据合成歌声的评分值对歌声合成模型的参数进行优化和调整,以使得歌声合成模型合成出的歌声其评分值尽可能的大于或者等于录制歌声在歌声评判模型中的评分值,从而不断提升歌声合成模型的合成效果,通过使用该歌声合成模型,输入乐谱数据中的包括歌词、音符音高序列、音符时长序列进行歌声合成,通过该合成模型合成的歌声,具有高的自然度,能够模拟出自然平滑的歌声效果,并且具有高的拟人度,歌声起承转合更符合人声的特征。

参阅图 9,图 9 是本申请提供的歌声合成模型的训练装置第一实施例的示意框图,本实施例中的信息生成装置包括处理模块 31、生成模块 32、判断模块 33 及优化模块 34。

其中,处理模块 31 用于对乐谱数据和歌声数据进行预处理,以提取乐谱数据中的乐谱特征和歌声数据中的第一声学特征参数。

具体地,处理模块 31 用于对歌声数据进行预加重处理,以使得歌声数据的信号频谱平坦;将预加重处理后的歌声数据分割成整数帧;获取每一帧歌声数据的频谱信息,以得到每一帧歌声数据的第一声学特征参数。

生成模块 32 用于将乐谱特征输入歌声合成模型中以生成合成歌声。

具体地,生成模块 32 用于将乐谱特征依序输入歌声合成模型;根据乐谱特征获取每一帧的第二声学特征参数;将第二声学特征参数输入语音合成声码器

中以生成合成歌声。

判断模块 33 用于判断合成歌声在歌声评判模型中的评分值是否低于第一声学特征参数在歌声评判模型中的评分值。

具体地，判断模块 33 用于分别将第一声学特征参数和第二声学特征参数输入歌声评判模型；通过二分类算法将第二声学特征参数与第一声学特征参数进行区分，以分别获取第一声学特征参数和第二声学特征参数在歌声评判模型中的评分值；将第一声学特征参数和第二声学特征参数在歌声评判模型中的评分值进行比较。

优化模块 34 用于在判断合成歌声在歌声评判模型中的评分值低于所述第一声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值时，根据评分值对歌声合成模型进行第一模型参数优化。

具体地，优化模块 34 用于根据第二声学特征参数的评分值获取歌声合成模型的偏差；对歌声合成模型进行参数优化以减小歌声合成模型的偏差，包括获取第一模型参数的梯度下降距离；判断所有第一模型参数的梯度下降距离是否都小于终止距离；若判断为是，则停止对歌声合成模型的第一模型参数进行优化；若判断为否，则更新第一模型参数。

可以理解的是，本实施例中处理模块 31、生成模块 32、判断模块 33 及优化模块 34 与上述第一实施例中步骤 S100~步骤 S400 相对应，具体可参阅上述第一实施例中步骤 S100~步骤 S400 的相关描述，在此不再赘述。

参阅图 10，图 10 是本申请提供的计算机设备实施例的示意框图，本实施例中的计算机设备包括处理器 51 及存储器 52，存储器 52 中存储有计算机可读指令，处理器 51 在工作时执行计算机可读指令以实现上述任一实施例中的歌声合成模型的训练方法。

具体的，处理器 51 用于对乐谱数据和歌声数据进行预处理，以提取乐谱数据中的乐谱特征和歌声数据中的第一声学特征参数；将乐谱特征输入歌声合成模型中以生成合成歌声；判断合成歌声在歌声评判模型中的评分值是否低于第一声学特征参数在歌声评判模型中的评分值；若判断为是，则根据合成歌声的评分值对歌声合成模型进行第一模型参数优化，直至优化后的歌声合成模型生成合成歌声的评分值大于等于所述第一声学特征参数在优化后的歌声评判模型中的评分值为止。

本实施例中关于处理器 51 的具体执行方式可参阅上述歌声合成模型的训练

方法实施例中的相关描述，在此不再赘述。

其中，处理器 51 控制移动终端的操作，处理器 51 还可以称为 CPU (Central Processing Unit, 中央处理单元)。处理器 51 可能是一种集成电路芯片，具有信号的处理能力。处理器 51 还可以是通用处理器、数字信号处理器 (DSP)、专用集成电路 (ASIC)、现成可编程门阵列 (FPGA) 或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器，但不仅限于此。

参阅图 11，图 11 为本申请计算机可读非易失性存储介质一实施方式的结构示意图。本申请的计算机可读非易失性存储介质存储有能够实现上述所有方法的计算机可读指令 21，其中，该计算机可读指令 21 可以以软件产品的形式存储在上述存储装置中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等）或处理器 (processor) 执行本申请各个实施方式所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储装置包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器 (ROM, Read-Only Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储计算机可读指令代码的介质，或者是计算机、服务器、手机、平板等终端设备。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统，装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

另外，在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。

综上所述，本领域技术人员容易理解，本申请提供一种歌声合成模型的训练方法、装置、计算机设备以及非易失性存储介质，通过将乐谱特征输入歌声合成模型进行歌声合成，再获取合成歌声在歌声评判模型中的评分值，将合成歌声的评分值和录制歌声的评分值进行比较，若合成歌声的评分值小于录制歌声的评分值，则根据合成歌声的评分值对歌声合成模型的参数进行优化和调整，

以使得所述歌声合成模型合成出的歌声其评分值大于或者等于录制歌声在歌声评判模型中的评分值，从而不断提升歌声合成模型的合成效果，使得合成歌声更加逼真。

以上所述仅为本申请的实施例，并非因此限制本申请的专利范围，凡是利用本申请说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本申请的专利保护范围内。

## 权 利 要 求 书

1、一种歌声合成模型的训练方法，其特征在于，所述歌声合成模型的训练方法包括：

对乐谱数据和录制的歌声数据进行预处理，以提取所述乐谱数据中的乐谱特征和所述歌声数据中的第一声学特征参数；

将所述乐谱特征输入歌声合成模型中以生成合成歌声；

判断所述合成歌声在歌声评判模型中的评分值是否低于所述第一声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值；

若判断为是，则根据所述合成歌声的评分值对所述歌声合成模型进行第一模型参数优化，直至优化后的歌声合成模型生成合成歌声的评分值大于等于所述第一声学特征参数在优化后的歌声评判模型中的评分值为止。

2、根据权利要求1所述的歌声合成模型的训练方法，其特征在于，所述对乐谱数据和录制的歌声数据进行预处理，以提取所述乐谱数据中的乐谱特征和所述歌声数据中的第一声学特征参数包括：

对所述歌声数据进行预加重处理，以使得所述歌声数据的信号频谱平坦；

将预加重处理后的所述歌声数据分割成整数帧；

获取每一帧所述歌声数据的频谱信息，以得到每一帧所述歌声数据的第一声学特征参数。

3、根据权利要求1所述的歌声合成模型的训练方法，其特征在于，所述将所述乐谱特征输入歌声合成模型中以生成合成歌声包括：

将所述乐谱特征依序输入歌声合成模型；

根据所述乐谱特征获取每一帧的第二声学特征参数；

将所述第二声学特征参数输入语音合成声码器中以生成所述合成歌声。

4、根据权利要求3所述的歌声合成模型的训练方法，其特征在于，所述判断所述合成歌声在歌声评判模型中的评分值是否低于所述第一声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值包括：

分别将所述第一声学特征参数和所述第二声学特征参数输入所述歌声评判模型；

通过二分类算法将所述第二声学特征参数与所述第一声学特征参数进行区

分，以分别获取所述第一声学特征参数和所述第二声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值；

将所述第一声学特征参数和所述第二声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值进行比较。

5、根据权利要求3所述的歌声合成模型的训练方法，其特征在于，所述根据所述合成歌声的评分值对所述歌声合成模型进行第一模型参数优化包括：

根据所述第二声学特征参数的评分值获取所述歌声合成模型的偏差；

对所述歌声合成模型进行参数优化以减小所述歌声合成模型的偏差。

6、根据权利要求5所述的歌声合成模型的训练方法，其特征在于，所述对所述歌声合成模型进行参数优化以减小所述歌声合成模型的偏差包括：

获取所述第一模型参数的梯度下降距离；

判断所有所述第一模型参数的梯度下降距离是否都小于终止距离；

若判断为是，则停止对所述歌声合成模型的所述第一模型参数进行优化；

若判断为否，则更新所述第一模型参数。

7、根据权利要求1所述的歌声合成模型的训练方法，其特征在于，所述歌声合成模型的训练方法进一步包括：

根据所述合成歌声的评分值对所述歌声评判模型进行第二模型参数优化。

8、一种歌声合成模型的训练装置，其特征在于，所述歌声合成模型的训练装置包括：

处理模块，用于对乐谱数据和录制的歌声数据进行预处理，以提取所述乐谱数据中的乐谱特征和所述歌声数据中的第一声学特征参数；

生成模块，用于将所述乐谱特征输入歌声合成模型中以生成合成歌声；

判断模块，用于判断所述合成歌声在歌声评判模型中的评分值是否低于所述第一声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值；

优化模块，用于在判断所述合成歌声在歌声评判模型中的评分值低于所述第一声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值时，根据所述评分值对所述歌声合成模型进行第一模型参数优化，直至优化后的歌声合成模型生成合成歌声的评分值大于等于所述第一声学特征参数在优化后的歌声评判模型中的评分值为止。

9、根据权利要求8所述的一种歌声合成模型的训练装置，其特征在于，所述处理模块包括：

预处理子模块，用于对所述歌声数据进行预加重处理，以使得所述歌声数据的信号频谱平坦；

分割子模块，用于将预加重处理后的所述歌声数据分割成整数帧；

第一特征参数获取子模块，用于获取每一帧所述歌声数据的频谱信息，以得到每一帧所述歌声数据的第一声学特征参数。

10、根据权利要求 8 所述的一种歌声合成模型的训练装置，其特征在于，所述生成模块具体包括：

输入子模块，用于将所述乐谱特征依序输入歌声合成模型；

第二特征获取子模块，用于根据所述乐谱特征获取每一帧的第二声学特征参数；

合成子模块，用于将所述第二声学特征参数输入语音合成声码器中以生成所述合成歌声。

11、一种计算机设备，其特征在于，所述计算机设备包括处理器、存储器，以及存储在所述存储器中，可在所述处理器上运行的计算机可读指令，所述处理器在执行计算机可读指令以实现如下所述的歌声合成模型的训练方法的步骤：

对乐谱数据和录制的歌声数据进行预处理，以提取所述乐谱数据中的乐谱特征和所述歌声数据中的第一声学特征参数；

将所述乐谱特征输入歌声合成模型中以生成合成歌声；

判断所述合成歌声在歌声评判模型中的评分值是否低于所述第一声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值；

若判断为是，则根据所述合成歌声的评分值对所述歌声合成模型进行第一模型参数优化，直至优化后的歌声合成模型生成合成歌声的评分值大于等于所述第一声学特征参数在优化后的歌声评判模型中的评分值为止。

12、根据权利要求 11 所述的一种计算机设备，其特征在于，所述对乐谱数据和歌声数据进行预处理，以提取所述乐谱数据中的乐谱特征和所述歌声数据中的第一声学特征参数包括：

对所述歌声数据进行预加重处理，以使得所述歌声数据的信号频谱平坦；

将预加重处理后的所述歌声数据分割成整数帧；

获取每一帧所述歌声数据的频谱信息，以得到每一帧所述歌声数据的第一声学特征参数。

13、根据权利要求 11 所述的一种计算机设备，其特征在于，所述将所述乐

谱特征输入歌声合成模型中以生成合成歌声包括：

将所述乐谱特征依序输入歌声合成模型；

根据所述乐谱特征获取每一帧的第二声学特征参数；

将所述第二声学特征参数输入语音合成声码器中以生成所述合成歌声。

14、根据权利要求 13 所述的一种计算机设备，其特征在于，所述判断所述合成歌声在歌声评判模型中的评分值是否低于所述第一声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值包括：

分别将所述第一声学特征参数和所述第二声学特征参数输入所述歌声评判模型；

通过二分类算法将所述第二声学特征参数与所述第一声学特征参数进行区分，以分别获取所述第一声学特征参数和所述第二声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值；

将所述第一声学特征参数和所述第二声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值进行比较。

15、根据权利要求 13 所述的一种计算机设备，其特征在于，所述根据所述合成歌声的评分值对所述歌声合成模型进行第一模型参数优化包括：

根据所述第二声学特征参数的评分值获取所述歌声合成模型的偏差；

对所述歌声合成模型进行参数优化以减小所述歌声合成模型的偏差。

16、一个或多个存储有计算机可读指令的非易失性可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读指令被一个或多个处理器执行以实现下述的歌声合成模型的训练方法的步骤：

对乐谱数据和录制的歌声数据进行预处理，以提取所述乐谱数据中的乐谱特征和所述歌声数据中的第一声学特征参数；

将所述乐谱特征输入歌声合成模型中以生成合成歌声；

判断所述合成歌声在歌声评判模型中的评分值是否低于所述第一声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值；

若判断为是，则根据所述合成歌声的评分值对所述歌声合成模型进行第一模型参数优化，直至优化后的歌声合成模型生成合成歌声的评分值大于等于所述第一声学特征参数在优化后的歌声评判模型中的评分值为止。

17、根据权利要求 16 所述的一种非易失性可读存储介质，其特征在于：所述对乐谱数据和歌声数据进行预处理，以提取所述乐谱数据中的乐谱特征和所

述歌声数据中的第一声学特征参数包括：

对所述歌声数据进行预加重处理，以使得所述歌声数据的信号频谱平坦；

将预加重处理后的所述歌声数据分割成整数帧；

获取每一帧所述歌声数据的频谱信息，以得到每一帧所述歌声数据的第一声学特征参数。

18、根据权利要求 16 所述的一种非易失性可读存储介质，其特征在于：所述将所述乐谱特征输入歌声合成模型中以生成合成歌声包括：

将所述乐谱特征依序输入歌声合成模型；

根据所述乐谱特征获取每一帧的第二声学特征参数；

将所述第二声学特征参数输入语音合成声码器中以生成所述合成歌声。

19、根据权利要求 18 所述的一种非易失性可读存储介质，其特征在于：所述判断所述合成歌声在歌声评判模型中的评分值是否低于所述第一声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值包括：

分别将所述第一声学特征参数和所述第二声学特征参数输入所述歌声评判模型；

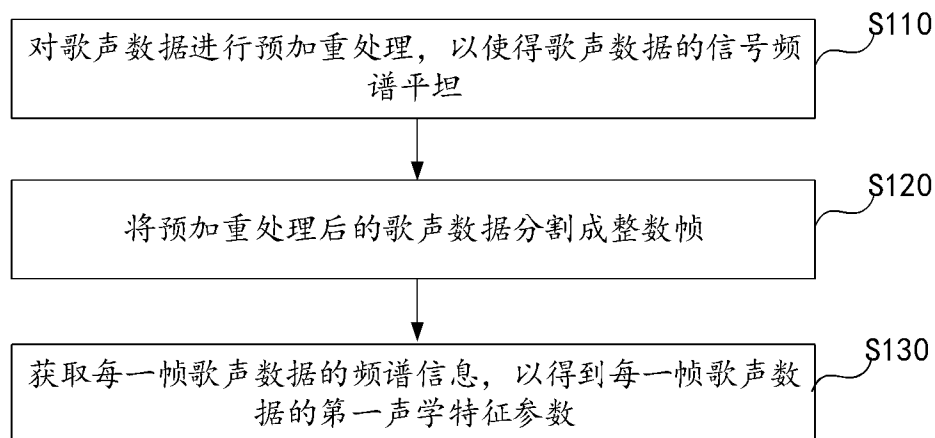
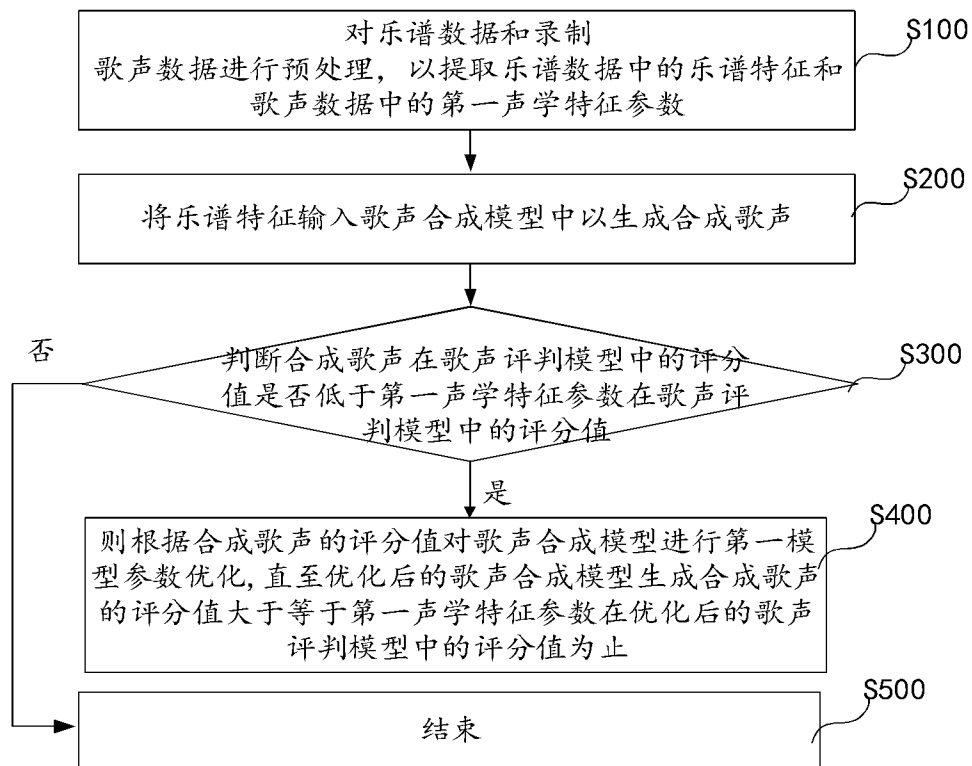
通过二分类算法将所述第二声学特征参数与所述第一声学特征参数进行区分，以分别获取所述第一声学特征参数和所述第二声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值；

将所述第一声学特征参数和所述第二声学特征参数在所述歌声评判模型中的评分值进行比较。

20、根据权利要求 18 所述的一种非易失性可读存储介质，其特征在于：所述根据所述合成歌声的评分值对所述歌声合成模型进行第一模型参数优化包括：

根据所述第二声学特征参数的评分值获取所述歌声合成模型的偏差；

对所述歌声合成模型进行参数优化以减小所述歌声合成模型的偏差。



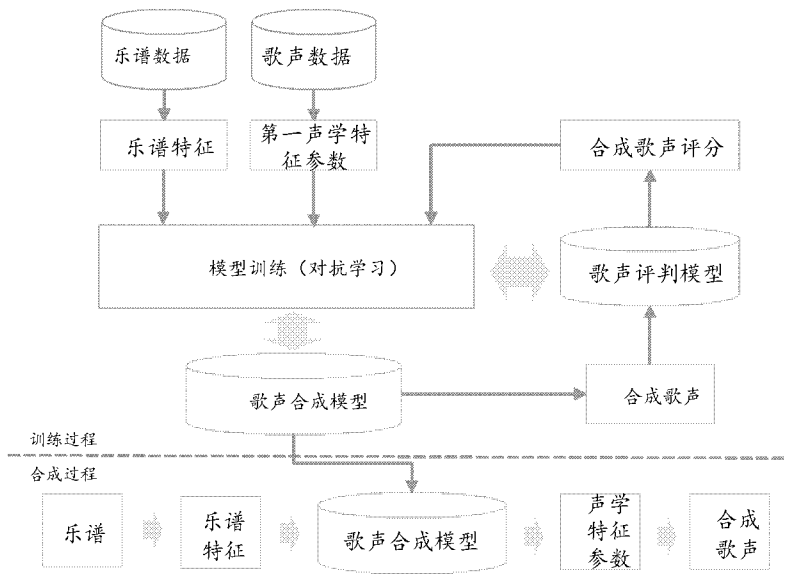


图 3

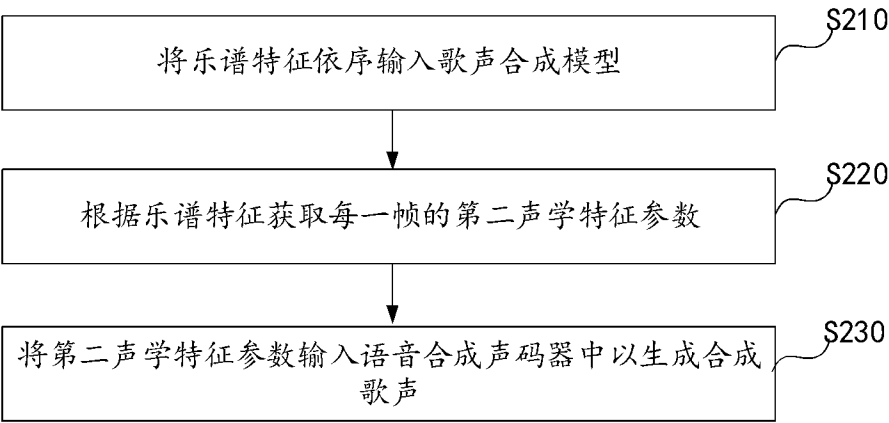


图 4

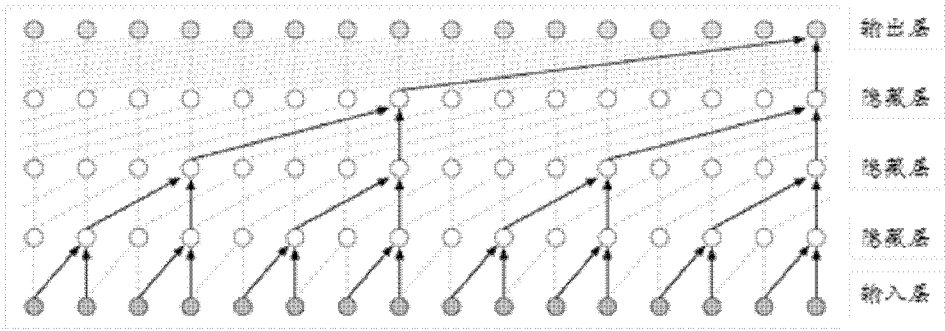
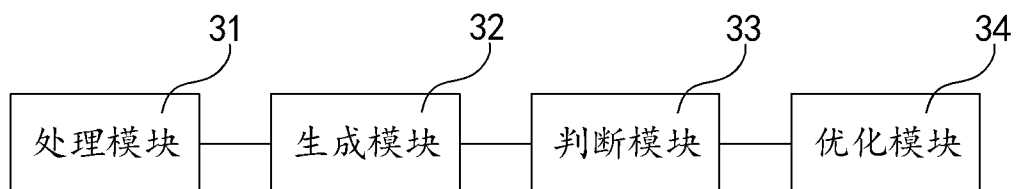
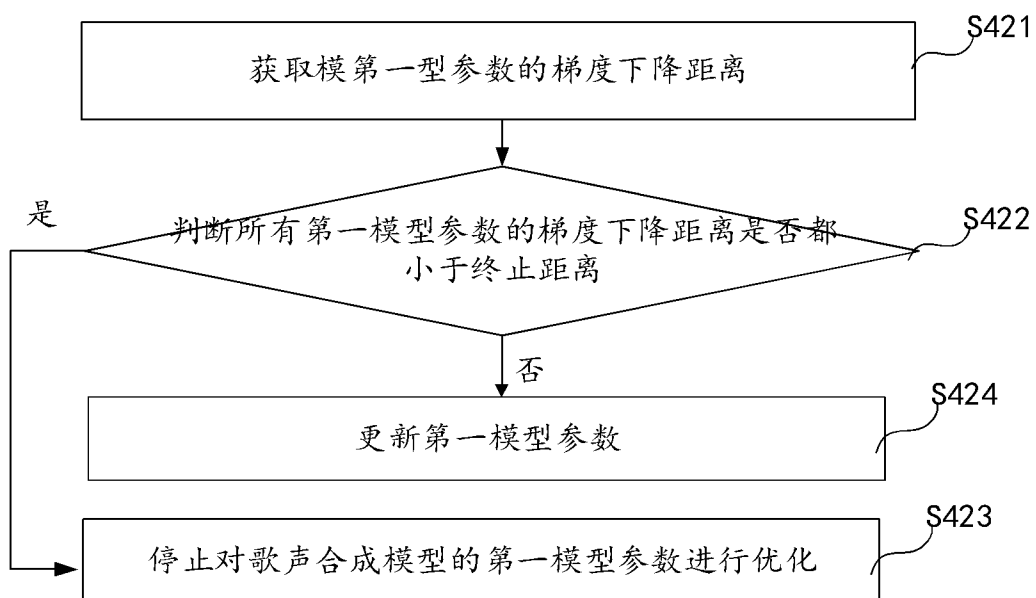
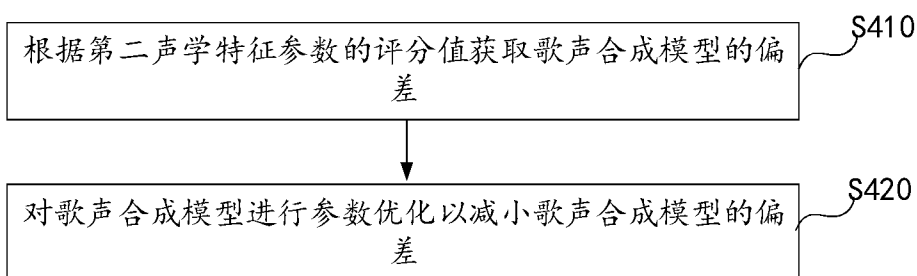
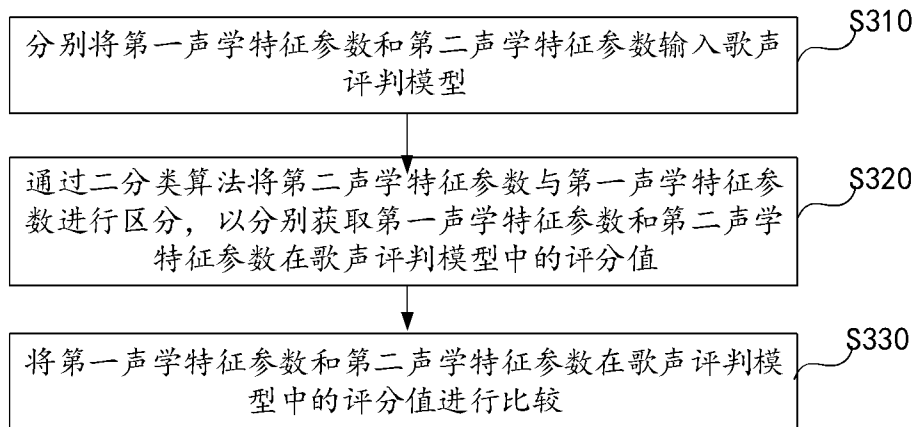


图 5



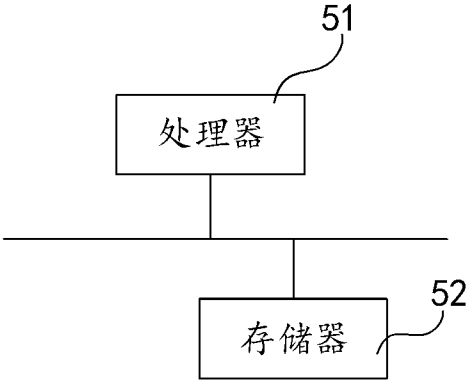


图 10

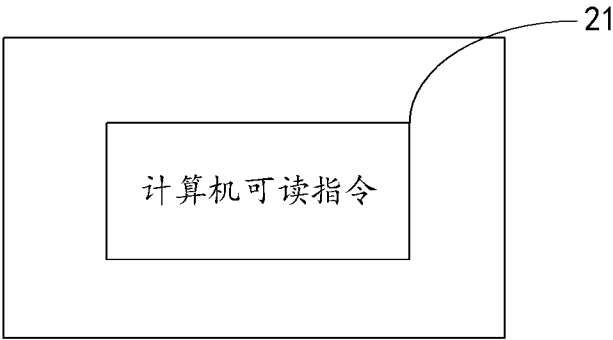


图 11

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/103426

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G10L 13/02(2013.01)i; G10L 25/60(2013.01)n; G10L 13/04(2013.01)n; G10L 25/03(2013.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G10L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; SIPOABS; DWPI; USTXT; WOTXT; EPTXT: 合成, 语音, 旋律, 乐谱, 发音, 发声, 模拟, 仿真, 模仿, 评分, 对比, 声学, mix, speech, voice, audio, speaker, synthesizing, synthesis, melody

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                          | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | CN 109785823 A (ZHONGCAI YIHE TECHNOLOGY DEVELOPMENT (BEIJING) CO., LTD.) 21 May 2019 (2019-05-21)<br>description, paragraphs [0054]-[0119] | 1-20                  |
| A         | CN 108053814 A (YUTOU TECHNOLOGY (HANGZHOU) CO., LTD.) 18 May 2018 (2018-05-18)<br>entire document                                          | 1-20                  |
| A         | CN 109817197 A (TIANYI LOVE MUSIC CULTURE TECHNOLOGY CO., LTD.) 28 May 2019 (2019-05-28)<br>entire document                                 | 1-20                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 January 2020

Date of mailing of the international search report

10 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing  
100088  
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2019/103426**

| Patent document<br>cited in search report |           |   | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|-----------|---|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| CN                                        | 109785823 | A | 21 May 2019                          | None                    |                                      |
| CN                                        | 108053814 | A | 18 May 2018                          | None                    |                                      |
| CN                                        | 109817197 | A | 28 May 2019                          | None                    |                                      |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/103426

## A. 主题的分类

G10L 13/02(2013.01)i; G10L 25/60(2013.01)n; G10L 13/04(2013.01)n; G10L 25/03(2013.01)n

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

## B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G10L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS;CNTXT;CNKI;SIPOABS;DWPI;USTXT;WOTXT;EPTXT; 合成, 语音, 旋律, 乐谱, 发音, 发声, 模拟, 仿真, 模仿, 评分, 对比, 声学, mix, speech, voice, audio, speaker, synthesizing, synthesis, melody

## C. 相关文件

| 类 型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                   | 相关的权利要求 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| X    | CN 109785823 A (中财颐和科技发展北京有限公司) 2019年 5月 21日 (2019 - 05 - 21)<br>说明书第[0054]-[0119]段 | 1-20    |
| A    | CN 108053814 A (芋头科技杭州有限公司) 2018年 5月 18日 (2018 - 05 - 18)<br>全文                     | 1-20    |
| A    | CN 109817197 A (天翼爱音乐文化科技有限公司) 2019年 5月 28日 (2019 - 05 - 28)<br>全文                  | 1-20    |

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

\* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 1月 19日

国际检索报告邮寄日期

2020年 3月 10日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

任洪潮

电话号码 (86-512) 88995842

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/103426

| 检索报告引用的专利文件 |           |   | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|-----------|---|----------------|------|----------------|
| CN          | 109785823 | A | 2019年 5月 21日   | 无    |                |
| CN          | 108053814 | A | 2018年 5月 18日   | 无    |                |
| CN          | 109817197 | A | 2019年 5月 28日   | 无    |                |