



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114332709 A

(43) 申请公布日 2022.04.12

(21) 申请号 202111638616.8

G06K 9/62 (2022.01)

(22) 申请日 2021.12.29

G06V 10/764 (2022.01)

G06V 10/82 (2022.01)

(71) 申请人 北京达佳互联信息技术有限公司

地址 100085 北京市海淀区上地西路6号1
幢1层101D1-7

(72) 发明人 丁予康 周雅 徐宁 闻兴
戴宇荣

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限
公司 11286

代理人 曾世骅 田方

(51) Int. Cl.

G06V 20/40 (2022.01)

G06T 3/40 (2006.01)

G06N 3/04 (2006.01)

G06V 10/80 (2022.01)

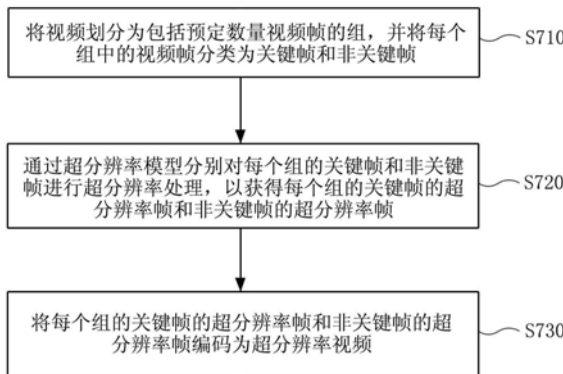
权利要求书2页 说明书13页 附图9页

(54) 发明名称

视频处理方法、装置、存储介质以及电子设备

(57) 摘要

本公开提供了一种视频处理方法、装置、存储介质以及电子设备。该方法包括：将视频划分为包括预定数量视频帧的组，并将每个组中的视频帧分类为关键帧和非关键帧；通过超分辨率模型分别对每个组的关键帧和非关键帧进行超分辨率处理，以获得每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧；将每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧编码为超分辨率视频，其中，所述超分辨率模型是被配置为使用关键帧的超分辨率帧作为对非关键帧的超分辨率处理的参考的模型。根据本公开的视频超分辨率方法能够充分利用关键帧超分辨率后的结果指导非关键帧的超分辨率处理，在处理速度和主观效果方面具有良好的收益。



1. 一种视频处理方法,其特征在于,包括:

将视频划分为包括预定数量视频帧的组,并将每个组中的视频帧分类为关键帧和非关键帧;

通过超分辨率模型分别对每个组的关键帧和非关键帧进行超分辨率处理,以获得每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧;

将每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧编码为超分辨率视频,

其中,所述超分辨率模型是被配置为使用关键帧的超分辨率帧作为对非关键帧的超分辨率处理的参考的模型。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述超分辨率模型包括第一超分辨率模型和第二超分辨率模型,所述超分辨率模型通过以下方式被训练:

通过第一超分辨率模型对关键帧执行单帧图像推理以获得关键帧的超分辨率帧;

基于第二超分辨率模型对所述关键帧的超分辨率帧和所述非关键帧的特征进行融合,并基于融合的特征执行推理以获得所述非关键帧的超分辨率帧;

根据所述关键帧和所述关键帧的超分辨率帧确定针对第一超分辨率模型的第一损失函数,并基于第一损失函数的值来调整第一超分辨率模型的参数;

根据所述非关键帧和所述非关键帧的超分辨率帧来确定针对第二超分辨率模型的第二损失函数,并基于第二损失函数来调整第二超分辨率模型的参数。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,第一超分辨率模型和第二超分辨率模型中的每个均包括推理主体网络,所述推理主体网络包括用于执行推理操作的多个残差卷积层和快速上采样层,其中,第一超分辨率模型所包括的通道数量和残差卷积层的数量高于第二超分辨率模型所包括的通道数量和残差卷积层的数量。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,通过第一超分辨率模型对关键帧执行单帧图像推理以获得关键帧的超分辨率帧包括:

通过所述多个残差卷积层逐层地计算关键帧的深度特征;

通过快速上采样层将关键帧的深度特征上采样为具有高分辨率的关键帧的超分辨率帧。

5. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述第二超分辨率模型还包括第一特征提取器、第二特征提取器和拼接单元,其中,基于第二超分辨率模型对所述关键帧的超分辨率帧和所述非关键帧的特征进行融合,并基于融合的特征执行推理以获得所述非关键帧的超分辨率帧包括:

通过第一特征提取器提取所述关键帧的超分辨率帧的特征并通过第二特征提取器所述非关键帧的特征;

通过拼接单元对提取的所述关键帧的超分辨率帧的特征和所述非关键帧的特征进行特征拼接和卷积以获得所述融合的特征;

通过推理主体网络的多个残差卷积层对所述融合的特征逐层地执行计算以提取非关键帧的深度特征;

通过快速上采样层将非关键帧的深度特征上采样为具有高分辨率的非关键帧的超分辨率帧。

6. 一种视频处理装置,其特征在于,包括:

分组单元,被配置为将视频划分为包括预定数量视频帧的组,并将每个组中的视频帧分类为关键帧和非关键帧;

视频处理单元,被配置为通过超分辨率模型分别对每个组的关键帧和非关键帧进行超分辨率处理,以获得每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧;

编码单元,被配置为将每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧编码为超分辨率视频,

其中,所述超分辨率模型是被配置为使用关键帧的超分辨率帧作为对非关键帧的超分辨率处理的参考的模型。

7.如权利要求6所述的装置,其特征在于,所述超分辨率模型包括第一超分辨率模型和第二超分辨率模型,所述超分辨率模型通过以下方式被训练:

通过第一超分辨率模型对关键帧执行单帧图像推理以获得关键帧的超分辨率帧;

基于第二超分辨率模型对所述关键帧的超分辨率帧和所述非关键帧的特征进行融合,并基于融合的特征执行推理以获得所述非关键帧的超分辨率帧;

根据所述关键帧和所述关键帧的超分辨率帧确定针对第一超分辨率模型的第一损失函数,并基于第一损失函数的值来调整第一超分辨率模型的参数;

根据所述非关键帧和所述非关键帧的超分辨率帧来确定针对第二超分辨率模型的第二损失函数,并基于第二损失函数来调整第二超分辨率模型的参数。

8.如权利要求6所述的装置,其特征在于,第一超分辨率模型和第二超分辨率模型中的每个均包括推理主体网络,所述推理主体网络包括用于执行推理操作的多个残差卷积层和快速上采样层,其中,第一超分辨率模型所包括的通道数量和残差卷积层的数量高于第二超分辨率模型所包括的通道数量和残差卷积层的数量。

9.一种电子设备,其特征在于,包括:

至少一个处理器;

至少一个存储计算机可执行指令的存储器,

其中,所述计算机可执行指令在被所述至少一个处理器运行时,促使所述至少一个处理器执行如权利要求1到5中的任一权利要求所述的方法。

10.一种计算机可读存储介质,当所述计算机可读存储介质中的指令由电子设备的处理器执行时,使得电子设备能够执行如权利要求1到5中的任一权利要求所述的方法。

视频处理方法、装置、存储介质以及电子设备

技术领域

[0001] 本公开涉及视频技术领域,尤其涉及一种视频处理方法和装置以及相应的视频超分辨率模型的训练方法、电子设备及计算机可读存储介质。

背景技术

[0002] 超分辨率技术(Super Resolution)是一项图像/视频处理技术,能够将LR(Low Resolution)图像或视频处理成HR(High Resolution)图像或视频的技术,从而提升图像或视频的分辨率,提升图像或视频质量。

[0003] 视频超分辨率技术主要分为以下几种方式,一种方式是将待处理的视频解码抽帧,然后对于每一帧都串行调用超分辨率模型进行处理,在处理好每一帧后将得到的结果帧进行视频编码,得到最终的输出视频。该方法对于所有视频帧进行同等计算量处理,没有考虑实际视频中各个类型的视频帧(例如,I帧、P帧、B帧)的特性,这种将视频所有帧同等处理的方法会造成大量的计算冗余,从而降低了计算效率。

[0004] 另一种方式是将视频解码成视频帧之后,仅仅对I帧进行模型处理,对于非I帧进行轻量级模型推理或者直接放弃推理,从而提升计算速度。然而,该模型算法并没有良好的处理非I帧,这种方法在推理速度上尽管很快,但是算法处理后视频主观效果却不尽如人意。

发明内容

[0005] 本公开提供一种视频处理方法和装置以及相应的视频超分辨率模型的训练方法、电子设备及计算机可读存储介质,以至少解决相关技术中的超分辨率计算效率低以及超分辨率视频的主观效果不佳的问题,也可不解决任何上述问题。

[0006] 根据本公开的第一方面,提供了一种视频处理方法,其特征在于,包括:将视频划分为包括预定数量视频帧的组,并将每个组中的视频帧分类为关键帧和非关键帧;通过超分辨率模型分别对每个组的关键帧和非关键帧进行超分辨率处理,以获得每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧;将每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧编码为超分辨率视频,其中,所述超分辨率模型是被配置为使用关键帧的超分辨率帧作为对非关键帧的超分辨率处理的参考的模型。

[0007] 根据本公开的第一方面,所述超分辨率模型包括第一超分辨率模型和第二超分辨率模型,所述超分辨率模型通过以下方式被训练:通过第一超分辨率模型对关键帧执行单帧图像推理以获得关键帧的超分辨率帧;基于第二超分辨率模型对所述关键帧的超分辨率帧和所述非关键帧的特征进行融合,并基于融合的特征执行推理以获得所述非关键帧的超分辨率帧;根据所述关键帧和所述关键帧的超分辨率帧确定针对第一超分辨率模型的第一损失函数,并基于第一损失函数的值来调整第一超分辨率模型的参数;根据所述非关键帧和所述非关键帧的超分辨率帧来确定针对第二超分辨率模型的第二损失函数,并基于第二损失函数来调整第二超分辨率模型的参数。

[0008] 根据本公开的第一方面,将每个组中的视频帧分类为关键帧和非关键帧的视频帧包括:将所述组中的预定类型视频帧分类为关键帧,并将其余的视频帧被分类为非关键帧,或者将所述组中的第一帧分类为关键帧,并将其余的视频帧分类为非关键帧。

[0009] 根据本公开的第一方面,第一超分辨率模型和第二超分辨率模型中的每个均包括推理主体网络,所述推理主体网络包括用于执行推理操作的多个残差卷积层和快速上采样层,其中,第一超分辨率模型所包括的通道数量和残差卷积层的数量高于第二超分辨率模型所包括的通道数量和残差卷积层的数量。

[0010] 根据本公开的第一方面,通过第一超分辨率模型对关键帧执行单帧图像推理以获得关键帧的超分辨率帧包括:通过所述多个残差卷积层逐层地计算关键帧的深度特征;通过快速上采样层将关键帧的深度特征上采样为具有高分辨率的关键帧的超分辨率帧。

[0011] 根据本公开的第一方面,所述第二超分辨率模型还包括第一特征提取器、第二特征提取器和拼接单元,其中,基于第二超分辨率模型对所述关键帧的超分辨率帧和所述非关键帧的特征进行融合,并基于融合的特征执行推理以获得所述非关键帧的超分辨率帧包括:通过第一特征提取器提取所述关键帧的超分辨率帧的特征并通过第二特征提取器所述非关键帧的特征;通过拼接单元对提取的所述关键帧的超分辨率帧的特征和所述非关键帧的特征进行特征拼接和卷积以获得所述融合的特征;通过推理主体网络的多个残差卷积层对所述融合的特征逐层地执行计算以提取非关键帧的深度特征;通过快速上采样层将非关键帧的深度特征上采样为具有高分辨率的非关键帧的超分辨率帧。

[0012] 根据本公开的第一方面,第一超分辨率模型和第二超分辨率模型的每个残差卷积层均包括串联的多个残差卷积块,并且每个残差卷积块包括多个基础卷积运算单元,所述多个基础卷积运算单元被配置用于针对输入特征执行卷积运算以提取更深层的特征。

[0013] 根据本公开的第一方面,在第一超分辨率模型和第二超分辨率模型中,主体推理网络的输入特征和输出特征被跨层连接;每个残差卷积层的输入特征与输出特征被跨层连接;残差卷积层的每个残差块中的第一个基础卷积运算单元和最后一个卷积运算单元的输出特征被跨层连接。

[0014] 根据本公开的第二方面,提供了一种视频处理装置,包括:分组单元,被配置为将视频划分为包括预定数量视频帧的组,并将每个组中的视频帧分类为关键帧和非关键帧;视频处理单元,被配置为通过超分辨率模型分别对每个组的关键帧和非关键帧进行超分辨率处理,以获得每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧;编码单元,被配置为将每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧编码为超分辨率视频,其中,所述超分辨率模型是被配置为使用关键帧的超分辨率帧作为对非关键帧的超分辨率处理的参考的模型。

[0015] 根据本公开的第二方面,所述超分辨率模型包括第一超分辨率模型和第二超分辨率模型,所述超分辨率模型通过以下方式被训练:通过第一超分辨率模型对关键帧执行单帧图像推理以获得关键帧的超分辨率帧;基于第二超分辨率模型对所述关键帧的超分辨率帧和所述非关键帧的特征进行融合,并基于融合的特征执行推理以获得所述非关键帧的超分辨率帧;根据所述关键帧和所述关键帧的超分辨率帧确定针对第一超分辨率模型的第一损失函数,并基于第一损失函数的值来调整第一超分辨率模型的参数;根据所述非关键帧和所述非关键帧的超分辨率帧来确定针对第二超分辨率模型的第二损失函数,并基于第二

损失函数来调整第二超分辨率模型的参数。

[0016] 根据本公开的第二方面,分组单元被配置为:将所述组中的预定类型视频帧分类为关键帧,并将其余的视频帧被分类为非关键帧,或者将所述组中的第一帧分类为关键帧,并将其余的视频帧分类为非关键帧。

[0017] 根据本公开的第二方面,第一超分辨率模型和第二超分辨率模型中的每个均包括推理主体网络,所述推理主体网络包括用于执行推理操作的多个残差卷积层和快速上采样层,其中,第一超分辨率模型所包括的通道数量和残差卷积层的数量高于第二超分辨率模型所包括的通道数量和残差卷积层的数量。

[0018] 根据本公开的第二方面,第一超分辨率模型被配置为:通过所述多个残差卷积层逐层地计算关键帧的深度特征;通过快速上采样层将关键帧的深度特征上采样为具有高分辨率的关键帧的超分辨率帧。

[0019] 根据本公开的第二方面,所述第二超分辨率模型还包括第一特征提取器、第二特征提取器和拼接单元,其中,第二超分辨率模型被配置为:通过第一特征提取器提取所述关键帧的超分辨率帧的特征并通过第二特征提取器所述非关键帧的特征;通过拼接单元对提取的所述关键帧的超分辨率帧的特征和所述非关键帧的特征进行特征拼接和卷积以获得所述融合的特征;通过推理主体网络的多个残差卷积层对所述融合的特征逐层地执行计算以提取非关键帧的深度特征;通过快速上采样层将非关键帧的深度特征上采样为具有高分辨率的非关键帧的超分辨率帧。

[0020] 根据本公开的第二方面,第一超分辨率模型和第二超分辨率模型的每个残差卷积层均包括串联的多个残差卷积块,并且每个残差卷积块包括多个基础卷积运算单元,所述多个基础卷积运算单元被配置用于针对输入特征执行卷积运算以提取更深层的特征。

[0021] 根据本公开的第二方面,在第一超分辨率模型和第二超分辨率模型中,主体推理网络的输入特征和输出特征被跨层连接;每个残差卷积层的输入特征与输出特征被跨层连接;残差卷积层的每个残差块中的第一个基础卷积运算单元和最后一个卷积运算单元的輸出特征被跨层连接。

[0022] 根据本公开的第三方面,提供了一种电子设备,包括:至少一个处理器;至少一个存储计算机可执行指令的存储器,其中,所述计算机可执行指令在被所述至少一个处理器运行时,促使所述至少一个处理器执行如上所述视频处理方法。

[0023] 根据本公开的第四方面,提供了一种计算机可读存储介质,当所述计算机可读存储介质中的指令由电子设备的处理器执行时,使得电子设备能够执行如上所述的视频处理方法。

[0024] 根据本公开的第五方面,提供了一种计算机程序产品,所述计算机程序产品中的指令被电子设备中的至少一个处理器运行以执行如上所述视频处理方法。

[0025] 本公开的实施例提供的技术方案至少带来以下有益效果:充分利用关键帧超分辨率后的结果指导非关键帧的超分辨率处理,在对非关键帧使用轻量级的处理模型也能够保证良好的主观效果,在处理速度和主观效果方面具有良好的收益。

[0026] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的,并不能限制本公开。

附图说明

[0027] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本公开的实施例,并与说明书一起用于解释本公开的原理,并不构成对本公开的不当限定。

[0028] 图1是示出根据本公开的示例性实施例的视频超分辨率模型的训练方法的流程图。

[0029] 图2是示出根据本公开的示例性实施例的视频超分辨率模型执行关键帧推理的过程的示意图。

[0030] 图3是示出根据本公开的示例性实施例的视频超分辨率模型执行非关键帧推理的过程的示意图。

[0031] 图4是示出根据本公开的示例性实施例的用于执行关键帧推理的模型网络结构的示意图。

[0032] 图5是示出根据本公开的示例性实施例的用于执行非关键帧推理的模型网络结构的示意图。

[0033] 图6是示出根据本公开的示例性实施例的视频超分辨率模型的训练装置的框图。

[0034] 图7是示出根据本公开的示例性实施例的视频处理方法的流程图。

[0035] 图8是示出根据本公开的示例性实施例的视频处理装置的框图。

[0036] 图9是示出根据本公开的示例性实施例的用于执行视频处理方法的电子设备的框图。

[0037] 图10是示出根据另一示例性实施例的用于执行视频处理方法的电子设备的框图。

具体实施方式

[0038] 为了使本领域普通人员更好地理解本公开的技术方案,下面将结合附图,对本公开实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。

[0039] 需要说明的是,本公开的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本公开的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。以下实施例中所描述的实施方式并不代表与本公开相一致的所有实施方式。相反,它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本公开的一些方面相一致的装置和方法的例子。

[0040] 在此需要说明的是,在本公开中出现的“若干项之中的至少一项”均表示包含“该若干项中的任意一项”、“该若干项中的任意多项的组合”、“该若干项的全体”这三类并列的情况。例如“包括A和B之中的至少一个”即包括如下三种并列的情况:(1)包括A;(2)包括B;(3)包括A和B。又例如“执行步骤一和步骤二之中的至少一个”,即表示如下三种并列的情况:(1)执行步骤一;(2)执行步骤二;(3)执行步骤一和步骤二。

[0041] 图1是示出根据本公开的示例性实施例的视频超分辨率模型的训练方法的流程图。

[0042] 如图1所示,首先,在步骤S110,将视频划分为包括预定数量视频帧的组,并将每个组中的视频帧分类为关键帧和非关键帧。根据本公开的示例性实施例,可首先将视频解码成视频帧序列,并按照顺序将视频帧分组成多个组。例如,可以按照预定的数量来获得多个

组,每个组可具有相同的数量(例如,10帧),即,按照10帧为间隔划分视频。

[0043] 根据本公开的示例性实施例,可将划分的组中的第一帧分类为关键帧,其余的视频帧分类为非关键帧。或者,可以将划分的组中的特定类型的帧(例如,I帧)分类为关键帧,并将其余的视频帧分类为非关键帧。这里的关键帧例如可以是较多信息量并且通常可用作其他视频帧的编解码过程中的参考帧的视频帧。

[0044] 接下来,在步骤S120,通过第一超分辨率模型对关键帧执行单帧图像推理以获得关键帧的超分辨率帧。根据本公开的示例性实施例,可通过卷积神经网络来实现根据本公开的示例性实施例的第一超分辨率模型。第一超分辨率模型可对输入的关键帧执行逐层的卷积计算以得到关键帧的特征并最后获得关键帧的超分辨率帧。这个过程被称为关键帧的超分辨率推理过程。下面将结合图2来对关键帧的超分辨率推理过程进行说明。

[0045] 如图2所示,假设每个组中使用I帧(参考帧*i*)作为关键帧,则第一超分辨率模型(SR模型)中所包括的多个卷积层对参考帧*i*分别逐层地提取特征。也就是说,第1卷积层从关键帧提取出第1层特征,第2卷积层进一步从第一层特征提取出第2层特征...,以此类推,最后的第*n*卷积层的输出结果即可作为关键帧的超分辨率帧。该输出结果被保存并用于后续的非关键帧的超分辨率推理过程。

[0046] 然后,在步骤S130,通过第二超分辨率模型对所述关键帧的超分辨率帧和所述非关键帧的特征进行融合,并基于融合的特征执行推理以获得所述非关键帧的超分辨率帧。根据本公开的示例性实施例,第二超分辨率模型也可采用与第一超分辨率模型类似的具有多个卷积层的结构来实现。如图3所示,根据本公开的示例性实施例的第二超分辨率模型(SR模型)可使用在步骤 S120获得的关键帧的超分辨率结果(关键帧SR结果)和其余的非关键帧(例如,图3所示的视频分组中除了第*i*帧以外的第*i*+1帧、第*i*+2帧...第*i*+*n*帧)来获得非关键帧的超分辨率帧(第*i*+1帧结果...、第*i*+*n*帧结果)。

[0047] 根据本公开的示例性实施例,第一超分辨率模型和第二超分辨率模型中的每个均包括推理主体网络,所述推理主体网络包括级联的多个残差卷积层和快速上采样层,其中,第一超分辨率模型所包括的通道数量和残差卷积层的数量高于第二超分辨率模型所包括的通道数量和残差卷积层的数量。

[0048] 例如,第一超分辨率模型的通道数量可以大于第二超分辨率模型的通道数量,并且采用更多的卷积层,从而使第一超分辨率模型的卷积神经网络的宽度更大,深度更深,其计算量例如可以是第二超分辨率模型的计算量的两倍。这样,可以保证对关键帧的超分辨率处理的效果。

[0049] 根据本公开的示例性实施例,第一超分辨率模型可通过所述多个残差卷积层逐层地计算关键帧的深度特征,并通过快速上采样层将关键帧的深度特征上采样为具有高分辨率的超分辨率帧。

[0050] 根据本公开的示例性实施例,通过第二超分辨率模型对所述关键帧的超分辨率帧和所述非关键帧的特征进行融合,并基于融合的特征执行推理以获得所述非关键帧的超分辨率帧包括:通过第一特征提取器提取所述关键帧的超分辨率帧的特征并通过第二特征提取器所述非关键帧的特征;通过拼接单元对提取的所述关键帧的超分辨率帧的特征和所述非关键帧的特征进行特征拼接和卷积以获得所述融合的特征;通过推理主体网络的多个残差卷积层对所述融合的特征逐层地执行计算以提取非关键帧的深度特征;通过快速上采样

层将非关键帧的深度特征上采样为具有高分辨率的非关键帧的超分辨率帧。

[0051] 也就是说,第二超分辨率模型可具有两个输入分支分别输入之前保存的关键帧的超分辨率帧以及非关键帧,在通过特征提取器提取出各自的相同维度的深度特征之后,通过拼接单元将两个特征进行融合,从而帮助第二超分辨率模型的主体推理网络更好地处理非关键帧。这里,特征提取器可以是预定层数和维度的卷积模块。

[0052] 如上所述,由于第二超分辨率模型可以是轻量级的推理模型,因此可利用较少的运算量来获得非关键帧的超分辨率结果,同时因为其参考了关键帧的超分辨率结果来执行推理运算,所以能够获得良好效果的非关键帧的超分辨率结果。

[0053] 下面将参照图4和图5来说明根据本公开的示例性实施例的超分辨率模型的具体结构的示例。

[0054] 图4和图5是分别示出根据本公开的示例性实施例的第一超分辨率模型和第二超分辨率模型的网络结构的示意图。

[0055] 如图4所示,第一超分辨率模型包括主体推理网络,该网络由级联的多个残差卷积层和快速上采样层组成。每个残差卷积层包括串联的多个残差卷积块,并且每个残差卷积块包括多个基础卷积运算单元,基础卷积运算单元被配置用于针对输入特征执行卷积运算以提取更深层的特征。快速上采样层对最后的残差卷积层的输出执行快速上采样以获得最终的超分辨率结果。在图4中,关键帧 LR_1 被输入之后,通过多个残差卷积层和快速上采样层之后获得了超分辨率帧 SR_1 。

[0056] 根据本公开的示例性实施例,可在残差卷积层之间、残差卷积块之间以及基础卷积运算单元之间设置跨层连接以将不同深度的特征相加,从而帮助卷积神经网络的梯度进行有效反传,得到更好的网络优化结果。

[0057] 例如,如图4所示,第一超分辨率模型的主体推理网络的输入特征和输出特征被跨层连接(如图4所示的全局跨层连接),第一超分辨率模型的主体推理网络的每个残差卷积层的输入特征与输出特征被跨层连接(如图4所示的长跨层连接),并且残差卷积层的每个残差块中的第一个基础卷积运算单元和最后一个卷积运算单元的输出特征被跨层连接(如图4所示的短跨层连接)。这里,特征的跨层连接指的是将不同层的特征相加。

[0058] 图5示出的第二超分辨率模型包括分别用于提取关键帧的超分辨率帧 SR_1 的特征 $Feat_1$ 和非关键帧 LR_p 的特征 $Feat_p$ 的两个特征提取器。提取的关键帧的超分辨率帧 SR_1 的特征 $Feat_1$ 和非关键帧 LR_p 的特征 $Feat_p$ 在拼接单元被拼接(即,将两个特征矩阵合并为一个特征矩阵),然后经过卷积后得到融合的特征 $Feat_{1-p} = \text{Conv}(\text{concat}\{Feat_1, Feat_p\})$,其中,concat表示特征拼接操作,conv表示经过卷积神经网络的卷积层进行卷积操作。然后,融合后的特征通过由级联的多个残差卷积层和快速上采样层组成的主体推理网络执行超分辨率推理以获得各个非关键帧的超分辨率帧。

[0059] 和第一超分辨率模型类似,第二超分辨率模型的主体推理网络的输入特征和输出特征被跨层连接(如图5所示的全局跨层连接),第一超分辨率模型的主体推理网络的每个残差卷积层的输入特征与输出特征被跨层连接(如图5所示的长跨层连接),并且残差卷积层的每个残差块中的第一个基础卷积运算单元和最后一个卷积运算单元的输出特征被跨层连接(如图5所示的短跨层连接)。

[0060] 应理解,以上的第一超分辨率模型和第二超分辨率模型的网络结构、跨层连接的

方式等仅是示意,本领域的技术人员可采用其他适合于超分辨率图像处理的网络结构来获得关键帧的超分辨率帧,并基于关键帧的超分辨率帧和非关键帧获得非关键帧的超分辨率帧。

[0061] 在获得了关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧之后,可在步骤 S140根据关键帧和关键帧的超分辨率帧确定针对第一超分辨率模型的第一损失函数,并基于第一损失函数的值来调整第一超分辨率模型的参数,并且在步骤S150根据非关键帧和非关键帧的超分辨率帧来确定针对第二超分辨率模型的第二损失函数,并基于第二损失函数来调整第二超分辨率模型的参数。

[0062] 例如,可根据关键帧的高分辨率帧 HR_k 和关键帧的超分辨率帧 SR_k 之间的绝对值差来确定第一超分辨率模型的第一损失函数 $Loss_1 = |HR_k - SR_k|$,并根据非关键帧的高分辨率帧 HR_p 和非关键帧的超分辨率帧 SR_p 之间的绝对值差来确定第二超分辨率模型的第二损失函数 $Loss_2 = |HR_p - SR_p|$,然后根据第一损失函数来调整主体推理网络的参数,并根据第二损失函数来调整第二超分辨率模型的特征提取器、拼接单元和主体推理网络的参数,直到第一损失函数和第二损失函数收敛到预定目标值,从而完成了模型训练过程。

[0063] 如上所述,通过以上方法训练得到的视频超分辨率模型利用视频的关键帧的特性,将关键帧的超分辨率处理结果作为非关键帧的超分辨率处理的参考,在减少了模型计算量的同时,保证了模型的处理效果。

[0064] 图6是示出根据本公开的示例性实施例的视频超分辨率模型的训练装置的框图。

[0065] 如图6所示,根据本公开的示例性实施例的视频超分辨率模型的训练装置600可包括分组单元610、第一推理单元620、第二推理单元630、第一调参单元640和第二调参单元650。

[0066] 分组单元610被配置为将视频划分为包括预定数量视频帧的组,并将每个组中的视频帧分类为关键帧和非关键帧。

[0067] 根据本公开的示例性实施例,分组单元610将所述组中的预定类型视频帧分类为关键帧,并将其余的视频帧被分类为非关键帧,或者将所述组中的第一帧分类为关键帧,并将其余的视频帧分类为非关键帧。

[0068] 第一推理单元620被配置为通过第一超分辨率模型对关键帧执行单帧图像推理以获得关键帧的超分辨率帧。第二推理单元630被配置为基于第二超分辨率模型对所述关键帧的超分辨率帧和所述非关键帧的特征进行融合,并基于融合的特征执行推理以获得所述非关键帧的超分辨率帧。

[0069] 第一调参单元640被配置为根据所述关键帧和所述关键帧的超分辨率帧确定针对第一超分辨率模型的第一损失函数,并基于第一损失函数的值来调整第一超分辨率模型的参数。第二调参单元650被配置为根据所述非关键帧和所述非关键帧的超分辨率帧来确定针对第二超分辨率模型的第二损失函数,并基于第二损失函数来调整第二超分辨率模型的参数。

[0070] 根据本公开的示例性实施例,第一超分辨率模型和第二超分辨率模型中的每个均包括推理主体网络,所述推理主体网络包括用于执行推理操作的多个残差卷积层和快速上采样层,其中,第一超分辨率模型所包括的通道数量和残差卷积层的数量高于第二超分辨率模型所包括的通道数量和残差卷积层的数量。

[0071] 根据本公开的示例性实施例,第一推理单元630被配置为:通过所述多个残差卷积层逐层地计算关键帧的深度特征;通过快速上采样层将关键帧的深度特征上采样为具有高分辨率的关键帧的超分辨率帧。

[0072] 根据本公开的示例性实施例,第二超分辨率模型还包括第一特征提取器、第二特征提取器和拼接单元,其中,第二推理单元640被配置为:通过第一特征提取器提取所述关键帧的超分辨率帧的特征并通过第二特征提取器所述非关键帧的特征;通过拼接单元对提取的所述关键帧的超分辨率帧的特征和所述非关键帧的特征进行特征拼接和卷积以获得所述融合的特征;通过推理主体网络的多个残差卷积层对所述融合的特征逐层地执行计算以提取非关键帧的深度特征;通过快速上采样层将非关键帧的深度特征上采样为具有高分辨率的非关键帧的超分辨率帧。

[0073] 根据本公开的示例性实施例,第一超分辨率模型和第二超分辨率模型的每个残差卷积层均包括串联的多个残差块,并且每个残差块包括多个基础卷积运算单元。

[0074] 根据本公开的示例性实施例,第一超分辨率模型和第二超分辨率模型的输入特征和输出特征被跨层连接;第一超分辨率模型和第二超分辨率模型的每个残差卷积层的输入特征与输出特征被跨层连接;残差卷积层的每个残差块中的第一个基础卷积运算单元和最后一个卷积运算单元的输出特征被跨层连接。第一超分辨率模型和第二超分辨率模型的输入特征和输出特征被跨层连接;第一超分辨率模型和第二超分辨率模型的每个残差卷积层的输入特征与输出特征被跨层连接;残差卷积层的每个残差块中的第一个基础卷积运算单元和最后一个卷积运算单元的输出特征被跨层连接。

[0075] 图7是示出根据本公开的示例性实施例的视频处理方法的流程图。

[0076] 首先,在步骤S710,将视频划分为包括预定数量视频帧的组,并将每个组中的视频帧分类为关键帧和非关键帧。

[0077] 如上所述,根据本公开的示例性实施例,可以按照预定数量来顺序地将视频的帧序列划分为多个组,并在每个组中确定关键帧和非关键帧。根据本公开的示例性实施例,可将每个组中的第一帧确定为关键帧,并将其余的视频帧确定为非关键帧。或者,可将每个组中的预定类型的视频帧确定为关键帧,并将其余的视频帧确定为非关键帧。

[0078] 接下来,在步骤S720,通过超分辨率模型分别对每个组的关键帧和非关键帧进行超分辨率处理,以获得每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧。

[0079] 然后,在步骤S730,将每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧编码为超分辨率视频,其中,所述超分辨率模型是被配置为使用关键帧的超分辨率帧作为对非关键帧的超分辨率处理的参考的模型。

[0080] 根据本公开的示例性实施例,所述超分辨率模型包括第一超分辨率模型和第二超分辨率模型,并且所述超分辨率模型可通过以下方式被训练,即,通过第一超分辨率模型对关键帧执行单帧图像推理以获得关键帧的超分辨率帧,基于第二超分辨率模型对所述关键帧的超分辨率帧和所述非关键帧的特征进行融合,并基于融合的特征执行推理以获得所述非关键帧的超分辨率帧。这里,第一超分辨率模型和第二超分辨率模型是基于以上参照图1-图5说明的方法训练得到的,其具有与参照图1-图5说明的第一超分辨率模型和第二超分辨率模型相同的结构,因此在此不再重复描述关于第一超分辨率模型和第二超分辨率模型。

[0081] 图8是示出根据本公开的示例性实施例的视频超分辨率装置的框图。

[0082] 如图8所示,根据本公开的示例性实施例的视频超分辨率装置800可包括分组单元810、视频处理单元820和编码单元830。

[0083] 分组单元810被配置为将视频划分为包括预定数量视频帧的组,并将每个组中的视频帧分类为关键帧和非关键帧。如上所述,根据本公开的示例性实施例,可以按照预定数量来顺序地将视频的帧序列划分为多个组,并在每个组中确定关键帧和非关键帧。根据本公开的示例性实施例,可将每个组中的第一帧确定为关键帧,并将其余的视频帧确定为非关键帧。或者,可将每个组中的预定类型的视频帧确定为关键帧,并将其余的视频帧确定为非关键帧。

[0084] 视频处理单元820被配置为通过超分辨率模型分别对每个组的关键帧和非关键帧进行超分辨率处理,以获得每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧,其中,所述超分辨率模型是被配置为使用关键帧的超分辨率帧作为对非关键帧的超分辨率处理的参考的模型。

[0085] 编码单元830被配置为将每个组的关键帧的超分辨率帧和非关键帧的超分辨率帧编码为超分辨率视频。

[0086] 根据本公开的示例性实施例,所述超分辨率模型包括第一超分辨率模型和第二超分辨率模型,所述超分辨率模型通过以下方式被训练:通过第一超分辨率模型对关键帧执行单帧图像推理以获得关键帧的超分辨率帧,基于第二超分辨率模型对所述关键帧的超分辨率帧和所述非关键帧的特征进行融合,并基于融合的特征执行推理以获得所述非关键帧的超分辨率帧,其中,第一超分辨率模型和第二超分辨率模型是基于以上参照图1-图5说明的方法训练得到的,其具有与参照图1-图5说明的第一超分辨率模型和第二超分辨率模型相同的结构,因此在此不再重复描述关于第一超分辨率模型和第二超分辨率模型。

[0087] 图9是示出根据本公开的示例性实施例的一种用于视频超分辨率处理和/或视频超分辨率模型的训练的电子设备的结构框图。该电子设备900例如可以是:智能手机、平板电脑、MP4 (Moving Picture Experts Group Audio Layer IV,动态影像专家压缩标准音频层面4) 播放器、笔记本电脑或台式电脑。电子设备900还可能被称为用户设备、便携式终端、膝上型终端、台式终端等其他名称。

[0088] 通常,电子设备900包括有:处理器901和存储器902。

[0089] 处理器901可以包括一个或多个处理核心,比如4核心处理器、8核心处理器等。处理器901可以采用DSP (Digital Signal Processing,数字信号处理)、FPGA (Field Programmable Gate Array,现场可编程门阵列)、PLA (Programmable Logic Array,可编程逻辑阵列) 中的至少一种硬件形式来实现。处理器901也可以包括主处理器和协处理器,主处理器是用于对在唤醒状态下的数据进行处理的处理器,也称CPU (Central Processing Unit,中央处理器);协处理器是用于对在待机状态下的数据进行处理的低功耗处理器。在一些实施例中,处理器901可以在集成有GPU (Graphics Processing Unit,图像处理器), GPU用于负责显示屏所需要显示的内容的渲染和绘制。一些实施例中,处理器901 还可以包括AI (Artificial Intelligence,人工智能) 处理器,该AI处理器用于处理有关机器学习的计算操作。

[0090] 存储器902可以包括一个或多个计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质可

以是非暂态的。存储器902还可包括高速随机存取存储器,以及非易失性存储器,比如一个或多个磁盘存储设备、闪存存储设备。在一些实施例中,存储器902中的非暂态的计算机可读存储介质用于存储至少一个指令,该至少一个指令用于被处理器901所执行以实现本公开的如图2-图7所示的方法实施例提供的视频超分辨率模型训练方法和/或视频超分辨率方法。

[0091] 在一些实施例中,电子设备900还可选包括有:外围设备接口903和至少一个外围设备。处理器901、存储器902和外围设备接口903之间可以通过总线或信号线相连。各个外围设备可以通过总线、信号线或电路板与外围设备接口903相连。具体地,外围设备包括:射频电路904、触摸显示屏905、摄像头906、音频电路907、定位组件908和电源909中的至少一种。

[0092] 外围设备接口903可被用于将I/O (Input/Output,输入/输出) 相关的至少一个外围设备连接到处理器901和存储器902。在一些实施例中,处理器901、存储器902和外围设备接口903被集成在同一芯片或电路板上;在一些其他实施例中,处理器901、存储器902和外围设备接口903中的任意一个或两个可以在单独的芯片或电路板上实现,本实施例对此不加以限定。

[0093] 射频电路904用于接收和发射RF (Radio Frequency,射频) 信号,也称电磁信号。射频电路904通过电磁信号与通信网络以及其他通信设备进行通信。射频电路904将电信号转换为电磁信号进行发送,或者,将接收到的电磁信号转换为电信号。可选地,射频电路904包括:天线系统、RF收发器、一个或多个放大器、调谐器、振荡器、数字信号处理器、编解码芯片组、用户身份模块卡等等。射频电路904可以通过至少一种无线通信协议来与其它终端进行通信。该无线通信协议包括但不限于:城域网、各代移动通信网络(2G、3G、4G及5G)、无线局域网和/或WiFi (Wireless Fidelity,无线保真) 网络。在一些实施例中,射频电路904还可以包括NFC (Near Field Communication,近距离无线通信) 有关的电路,本公开对此不加以限定。

[0094] 显示屏905用于显示UI (User Interface,用户界面)。该UI可以包括图形、文本、图标、视频及其它们的任意组合。当显示屏905是触摸显示屏时,显示屏905还具有采集在显示屏905的表面或表面上方的触摸信号的能力。该触摸信号可以作为控制信号输入至处理器901进行处理。此时,显示屏905 还可以用于提供虚拟按钮和/或虚拟键盘,也称软按钮和/或软键盘。在一些实施例中,显示屏905可以为一个,设置在电子设备900的前面板;在另一些实施例中,显示屏905可以为至少两个,分别设置在终端900的不同表面或呈折叠设计;在再一些实施例中,显示屏905可以是柔性显示屏,设置在终端900的弯曲表面上或折叠面上。甚至,显示屏905还可以设置成非矩形的不规则图形,也即异形屏。显示屏905可以采用LCD (Liquid Crystal Display,液晶显示屏)、OLED (Organic Light-Emitting Diode,有机发光二极管) 等材质制备。

[0095] 摄像头组件906用于采集图像或视频。可选地,摄像头组件906包括前置摄像头和后置摄像头。通常,前置摄像头设置在终端的前面板,后置摄像头设置在终端的背面。在一些实施例中,后置摄像头为至少两个,分别为主摄像头、景深摄像头、广角摄像头、长焦摄像头中的任意一种,以实现主摄像头和景深摄像头融合实现背景虚化功能、主摄像头和广角摄像头融合实现全景拍摄以及VR (Virtual Reality,虚拟现实) 拍摄功能或者其它融合拍

摄功能。在一些实施例中,摄像头组件906还可以包括闪光灯。闪光灯可以是单色温闪光灯,也可以是双色温闪光灯。双色温闪光灯是指暖光闪光灯和冷光闪光灯的组合,可以用于不同色温下的光线补偿。

[0096] 音频电路907可以包括麦克风和扬声器。麦克风用于采集用户及环境的声波,并将声波转换为电信号输入至处理器901进行处理,或者输入至射频电路904以实现语音通信。出于立体声采集或降噪的目的,麦克风可以为多个,分别设置在终端900的不同部位。麦克风还可以是阵列麦克风或全向采集型麦克风。扬声器则用于将来自处理器901或射频电路904的电信号转换为声波。扬声器可以是传统的薄膜扬声器,也可以是压电陶瓷扬声器。当扬声器是压电陶瓷扬声器时,不仅可以将电信号转换为人类可听见的声波,也可以将电信号转换为人类听不见的声波以进行测距等用途。在一些实施例中,音频电路907还可以包括耳机插孔。

[0097] 定位组件908用于定位电子设备900的当前地理位置,以实现导航或LBS (Location Based Service,基于位置的服务)。定位组件908可以是基于美国的GPS (Global Positioning System,全球定位系统)、中国的北斗系统、俄罗斯的格雷纳斯系统或欧盟的伽利略系统的定位组件。

[0098] 电源909用于为电子设备900中的各个组件进行供电。电源909可以是交流电、直流电、一次性电池或可充电电池。当电源909包括可充电电池时,该可充电电池可以支持有线充电或无线充电。该可充电电池还可以用于支持快充技术。

[0099] 在一些实施例中,电子设备900还包括有一个或多个传感器910。该一个或多个传感器910包括但不限于:加速度传感器911、陀螺仪传感器912、压力传感器913、指纹传感器914、光学传感器915以及接近传感器916。

[0100] 加速度传感器911可以检测以终端900建立的坐标系的三个坐标轴上的加速度大小。比如,加速度传感器911可以用于检测重力加速度在三个坐标轴上的分量。处理器901可以根据加速度传感器911采集的重力加速度信号,控制触摸显示屏905以横向视图或纵向视图进行用户界面的显示。加速度传感器911还可以用于游戏或者用户的运动数据的采集。

[0101] 陀螺仪传感器912可以检测终端900的机体方向及转动角度,陀螺仪传感器912可以与加速度传感器911协同采集用户对终端900的3D动作。处理器901根据陀螺仪传感器912采集的数据,可以实现如下功能:动作感应(比如根据用户的倾斜操作来改变UI)、拍摄时的图像稳定、游戏控制以及惯性导航。

[0102] 压力传感器913可以设置在终端900的侧边框和/或触摸显示屏905的下层。当压力传感器913设置在终端900的侧边框时,可以检测用户对终端900的握持信号,由处理器901根据压力传感器913采集的握持信号进行左右手识别或快捷操作。当压力传感器913设置在触摸显示屏905的下层时,由处理器901根据用户对触摸显示屏905的压力操作,实现对UI上的可操作性控件进行控制。可操作性控件包括按钮控件、滚动条控件、图标控件、菜单控件中的至少一种。

[0103] 指纹传感器914用于采集用户的指纹,由处理器901根据指纹传感器914采集到的指纹识别用户的身份,或者,由指纹传感器914根据采集到的指纹识别用户的身份。在识别出用户的身份为可信身份时,由处理器901授权该用户执行相关的敏感操作,该敏感操作包括解锁屏幕、查看加密信息、下载软件、支付及更改设置等。指纹传感器914可以被设置电子

设备900的正面、背面或侧面。当电子设备900上设置有物理按键或厂商Logo时,指纹传感器914可以与物理按键或厂商Logo集成在一起。

[0104] 光学传感器915用于采集环境光强度。在一个实施例中,处理器901可以根据光学传感器915采集的环境光强度,控制触摸显示屏905的显示亮度。具体地,当环境光强度较高时,调高触摸显示屏905的显示亮度;当环境光强度较低时,调低触摸显示屏905的显示亮度。在另一个实施例中,处理器901还可以根据光学传感器915采集的环境光强度,动态调整摄像头组件906的拍摄参数。

[0105] 接近传感器916,也称距离传感器,通常设置在电子设备900的前面板。接近传感器916用于采集用户与电子设备900的正面之间的距离。在一个实施例中,当接近传感器916检测到用户与终端900的正面之间的距离逐渐变小时,由处理器901控制触摸显示屏905从亮屏状态切换为息屏状态;当接近传感器916检测到用户与电子设备900的正面之间的距离逐渐变大时,由处理器901控制触摸显示屏905从息屏状态切换为亮屏状态。

[0106] 本领域技术人员可以理解,图9中示出的结构并不构成对电子设备900的限定,可以包括比图示更多或更少的组件,或者组合某些组件,或者采用不同的组件布置。

[0107] 图10所示为另一种电子设备1000的结构框图。例如,电子设备1000可以被提供为一服务器。参照图10,电子设备1000包括一个或多个处理处理器1110以及存储器1120。存储器1120可以包括用于执行以上的视频超分辨率方法和/或视频超分辨率模型训练方法的一个或一个以上的程序。电子设备1100还可以包括一个电源组件1130被配置为执行电子设备1100的电源管理,一个有线或无线网络接口1140被配置为将电子设备1100连接到网络,和一个输入输出(I/O)接口1150。电子设备1100可以操作基于存储在存储器1120的操作系统,例如Windows Server™、Mac OS X™、Unix™、Linux™、FreeBSD™或类似。

[0108] 根据本公开的实施例,还可提供一种存储指令的计算机可读存储介质,其中,当指令被至少一个处理器运行时,促使至少一个处理器执行根据本公开的视频超分辨率模型训练方法和/或视频超分辨率方法。这里的计算机可读存储介质的示例包括:只读存储器(ROM)、随机存取可编程只读存储器(PROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、随机存取存储器(RAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、闪存、非易失性存储器、CD-ROM、CD-R、CD+R、CD-RW、CD+RW、DVD-ROM、DVD-R、DVD+R、DVD-RW、DVD+RW、DVD-RAM、BD-ROM、BD-R、BD-R LTH、BD-RE、蓝光或光盘存储器、硬盘驱动器(HDD)、固态硬盘(SSD)、卡式存储器(诸如,多媒体卡、安全数字(SD)卡或极速数字(XD)卡)、磁带、软盘、磁光数据存储装置、光学数据存储装置、硬盘、固态盘以及任何其他装置,所述任何其他装置被配置为以非暂时性方式存储计算机程序以及任何相关联的数据、数据文件和数据结构并将所述计算机程序以及任何相关联的数据、数据文件和数据结构提供给处理器或计算机使得处理器或计算机能执行所述计算机程序。上述计算机可读存储介质中的计算机程序可在诸如客户端、主机、代理装置、服务器等计算机设备中部署的环境中运行,此外,在一个示例中,计算机程序以及任何相关联的数据、数据文件和数据结构分布在联网的计算机系统上,使得计算机程序以及任何相关联的数据、数据文件和数据结构通过一个或多个处理器或计算机以分布式方式存储、访问和执行。

[0109] 根据本公开的实施例中,还可提供一种计算机程序产品,该计算机程序产品中的指令可由计算机设备的处理器执行以完成视频超分辨率模型训练方法和/或视频超分辨率

方法。

[0110] 根据本公开的视频超分辨率模型训练方法和/或视频超分辨率方法、装置以及电子设备、计算机可读存储介质可以充分处理视频关键帧,并充分利用关键帧超分辨率后的结果指导非关键帧的超分辨率处理,在对非关键帧使用轻量级的处理模型也能够保证良好的主观效果,在处理速度和主观效果方面具有良好的收益。

[0111] 本领域技术人员在考虑说明书及实践这里公开的发明后,将容易想到本公开的其他实施方案。本申请旨在涵盖本公开的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或者适应性变化遵循本公开的一般性原理并包括本公开未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的,本公开的真正范围和精神由下面的权利要求指出。

[0112] 应当理解的是,本公开并不局限于上面已经描述并在附图中示出的精确结构,并且可以在不脱离其范围进行各种修改和改变。本公开的范围仅由所附的权利要求来限制。

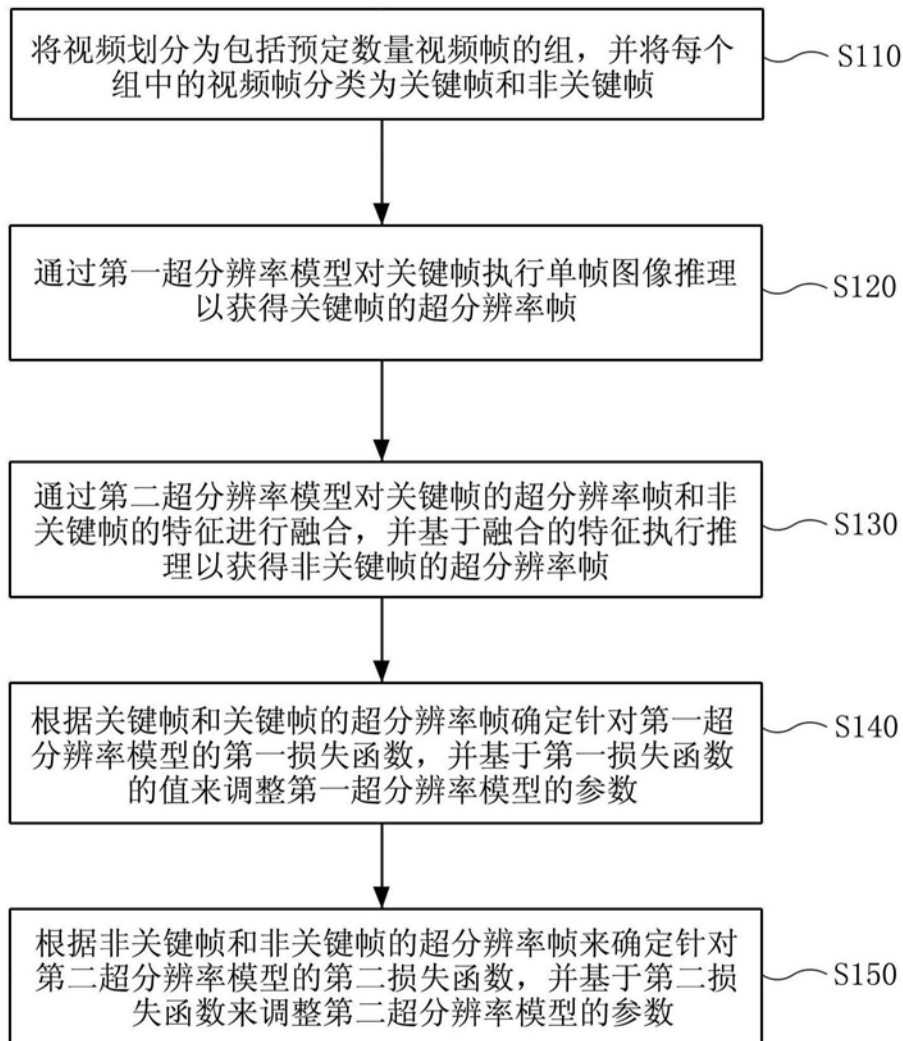


图1

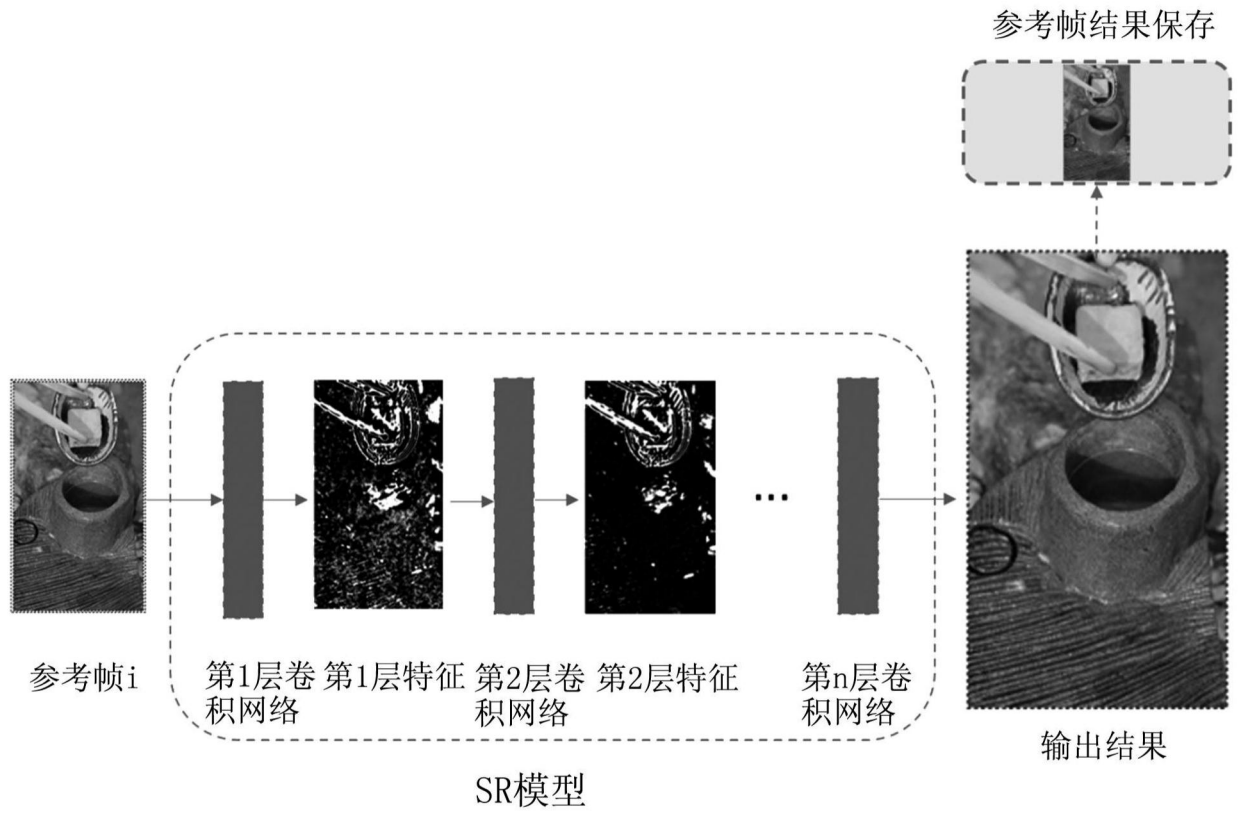


图2

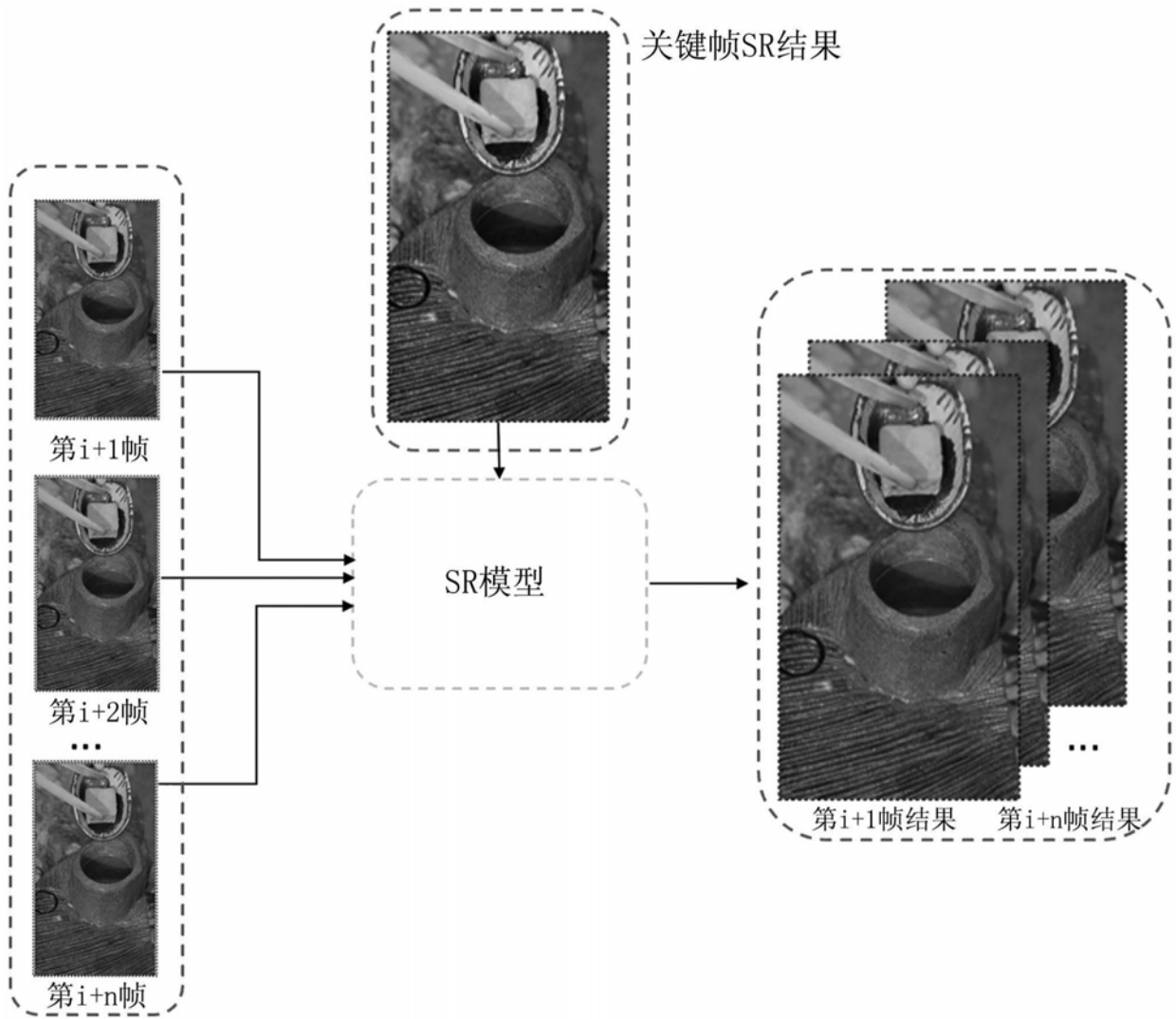


图3

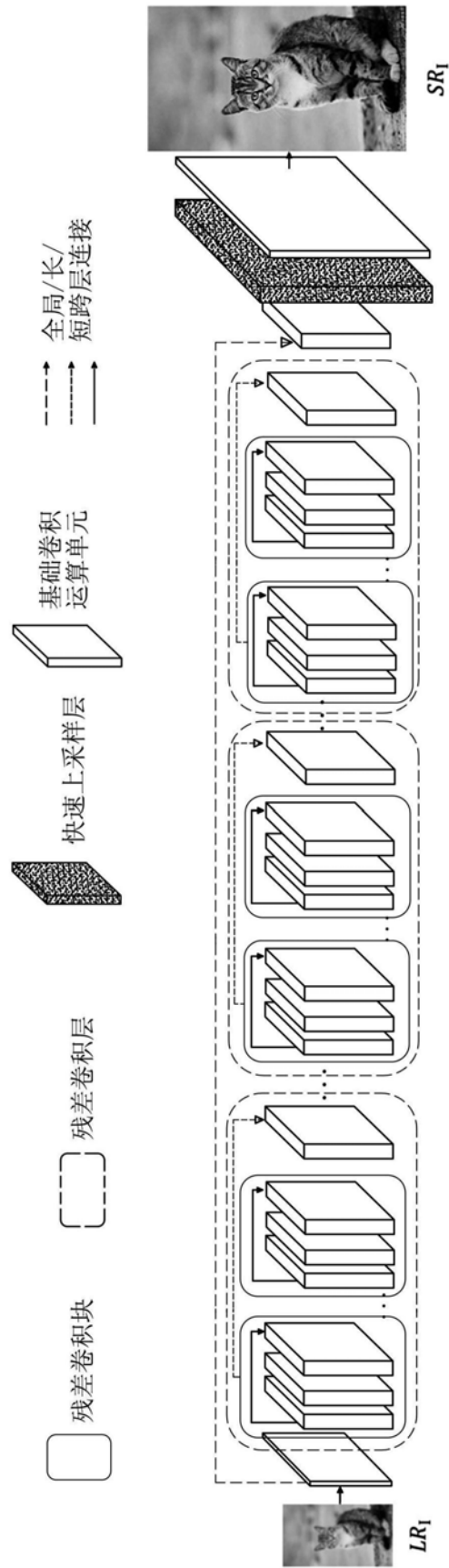


图4

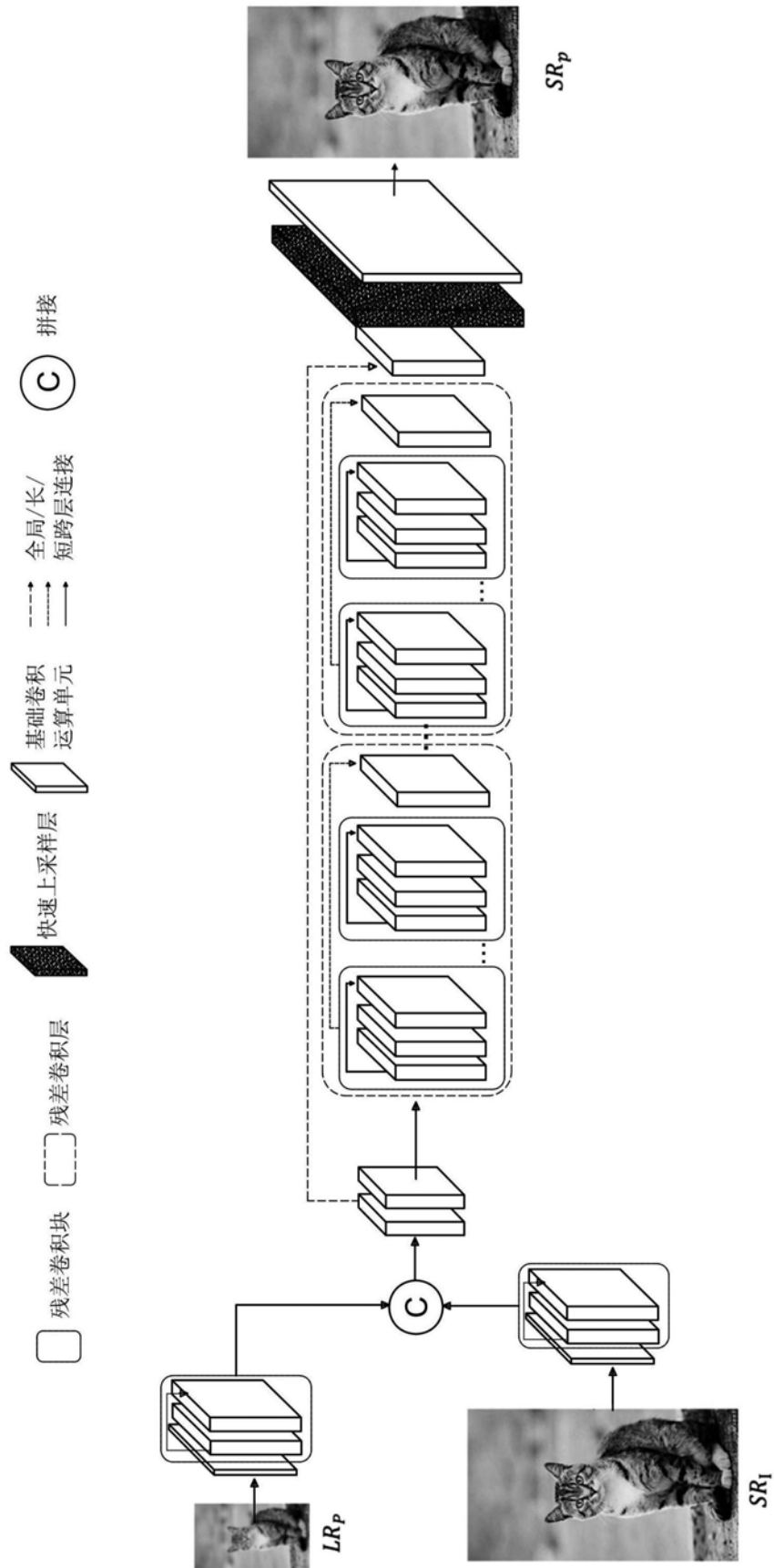


图5

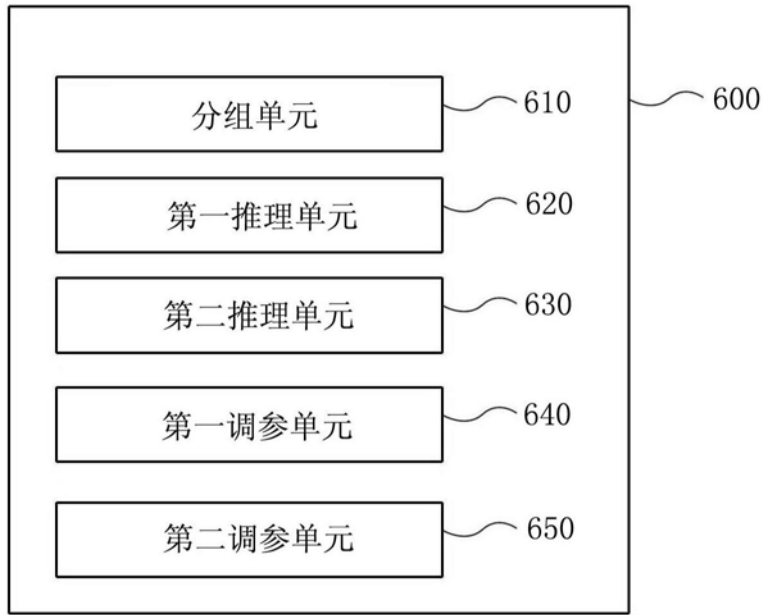


图6

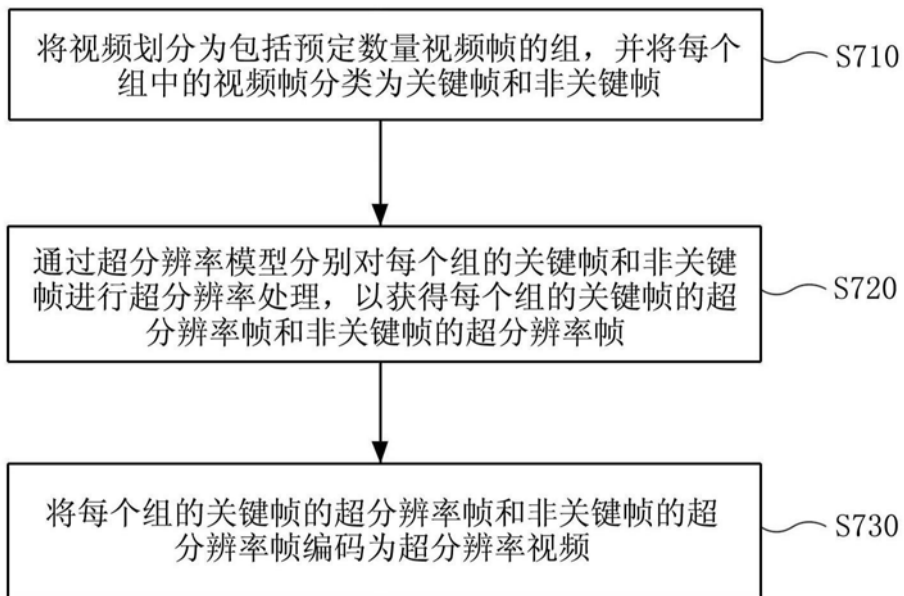


图7

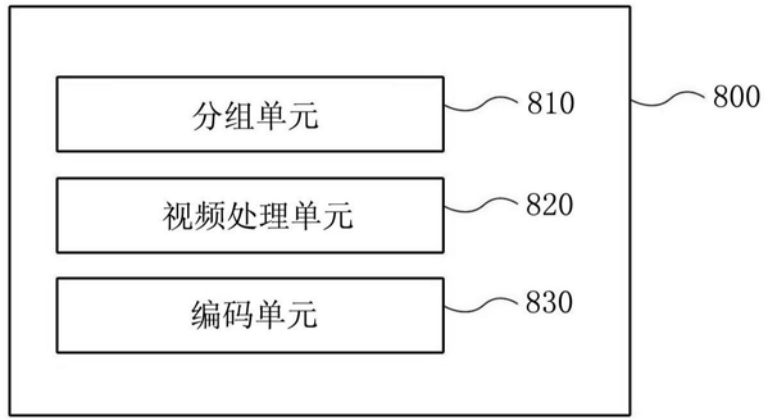


图8

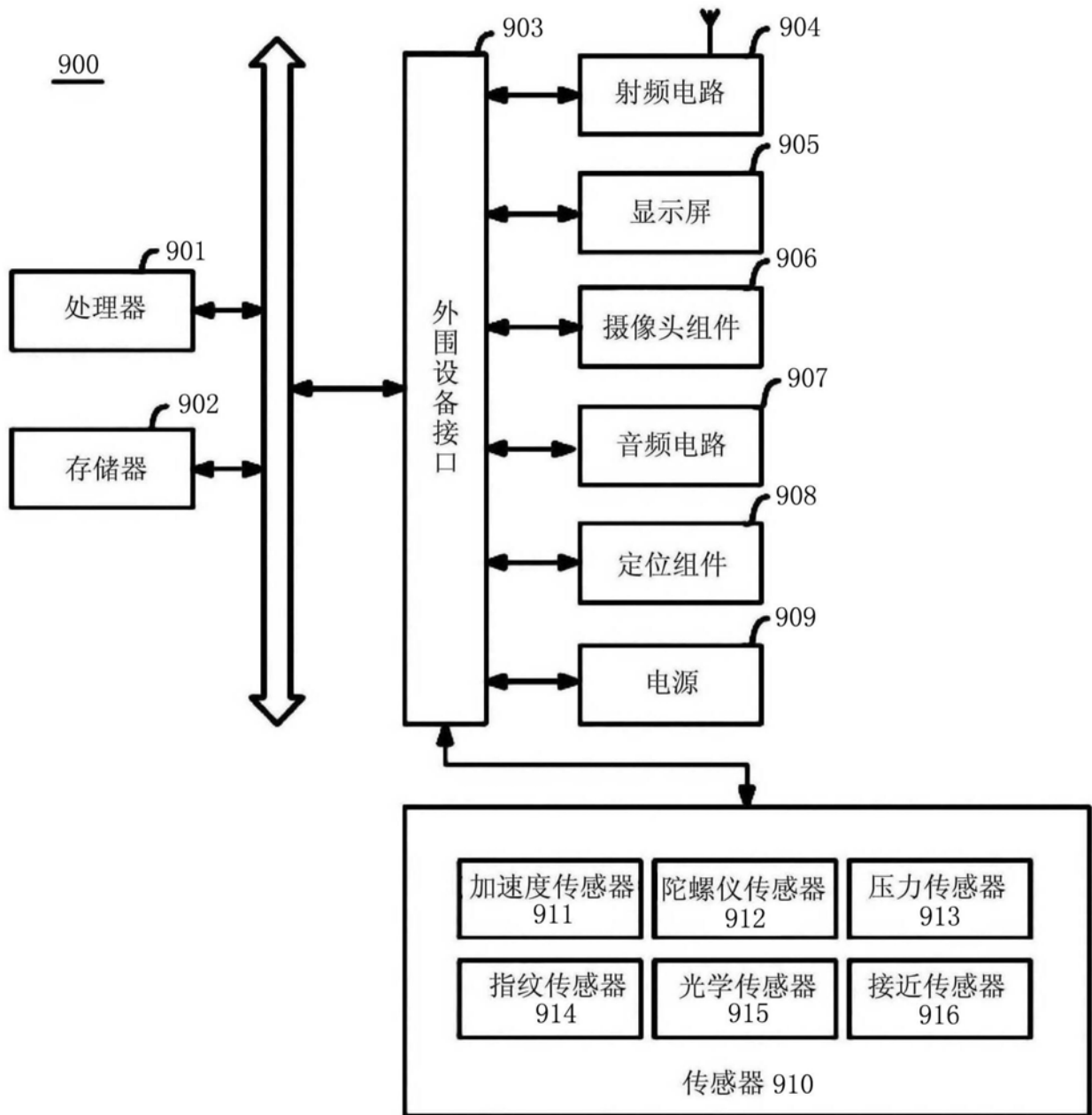


图9

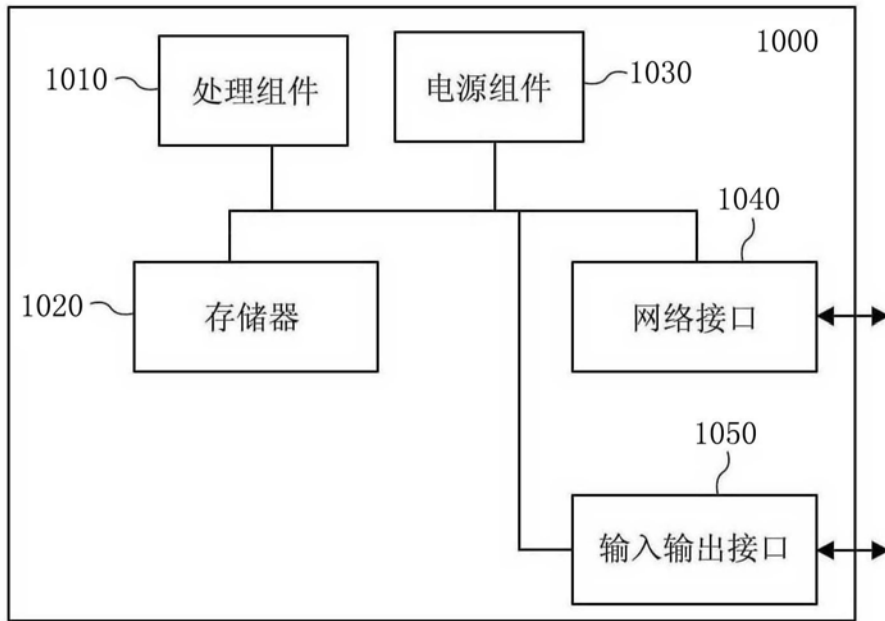


图10