



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110313183 B

(45) 授权公告日 2021.11.12

(21) 申请号 201880013187.5

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2018.02.23

H04N 21/2343 (2006.01)

(续)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110313183 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2019.10.08

CN 1857002 A, 2006.11.01

(30) 优先权数据

62/462,873 2017.02.23 US

(续)

CN 1857002 A, 2006.11.01

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2019.08.21

CN 101300850 A, 2008.11.05

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2018/019576 2018.02.23

US 2011052087 A1, 2011.03.03

(87) PCT国际申请的公布数据

W02018/156997 EN 2018.08.30

CN 102301710 A, 2011.12.28

(73) 专利权人 奈飞公司

地址 美国加利福尼亚州

US 2012147958 A1, 2012.06.14

(72) 发明人 扬尼斯·卡特萨翁尼迪斯

CN 102833538 A, 2012.12.19

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理  
有限责任公司 11258

US 2013089154 A1, 2013.04.11

代理人 林强

US 2013329781 A1, 2013.12.12

CN 103501446 A, 2014.01.08

CN 103501445 A, 2014.01.08

CN 103918009 A, 2014.07.09

CN 103999090 A, 2014.08.20

CN 104145480 A, 2014.11.12

CN 104185024 A, 2014.12.03

CN 104346613 A, 2015.02.11

CN 104737149 A, 2015.06.24

(续)

审查员 李景芳

权利要求书4页 说明书21页 附图13页

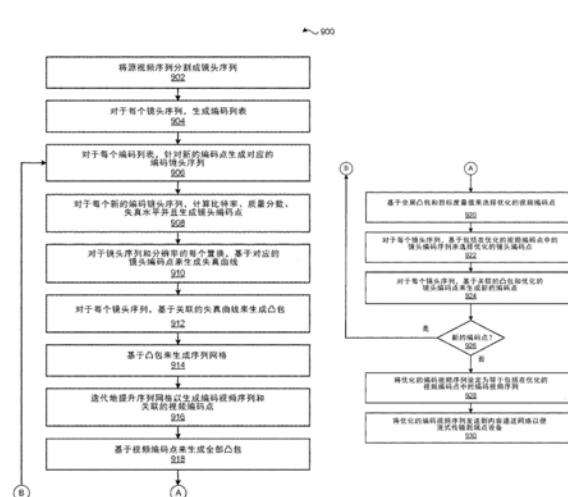
(54) 发明名称

用于对视频内容进行编码的迭代技术

且然后基于所述新的编码点来生成优化的编码视频序列。

(57) 摘要

在各种实施方式中，一种迭代编码应用对源视频序列进行编码。所述编码优化应用基于一组编码点和被包括在所述源视频序列中的第一镜头序列来生成一组镜头编码点。每个镜头编码点与不同的编码镜头序列相关联。所述编码优化应用跨所述一组镜头编码点执行(一个或多个)凸包操作以生成与所述第一镜头序列相关联的第一凸包。随后，所述编码优化应用基于所述第一凸包和与被包括在所述源视频序列中的第二镜头序列相关联的第二凸包来生成编码视频序列。所述编码优化应用基于所述编码视频序列和针对第一视频度量的目标值来计算新的编码点，并

B  
CN 110313183 B

[转续页]

[接上页]

(30) 优先权数据

62/534,170 2017.07.18 US  
62/550,517 2017.08.25 US  
15/902,976 2018.02.22 US

(51) Int.Cl.

H04N 21/845 (2006.01)  
H04N 19/124 (2006.01)  
H04N 19/154 (2006.01)  
H04N 19/147 (2006.01)  
H04N 19/179 (2006.01)  
H04N 19/192 (2006.01)  
H04N 19/59 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2016212433 A1, 2016.07.21

CN 105868700 A, 2016.08.17

赵伟.足球视频精彩事件检测算法研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑》.2016,

E.A. Riskin.Optimal bit allocation via the generalized bfos algorithm.《IEEE

Transactions on Information Theory (Volume: 37, Issue: 2, Mar 1991)》.1991,  
Wei Yu.Efficient Rate Control for JPEG-2000.《IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology (Volume: 16, Issue: 5, May 2006)》.2006,

S.W. Wu.Rate-constrained picture-adaptive quantization for JPEG baseline coders.《1993 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing》.2002,

P.H. Westerink.An optimal bit allocation algorithm for sub-band coding.《ICASSP-88., International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing》.2002,

Y. Sermadevi.Efficient bit allocation for dependent video coding.《Data Compression Conference, 2004. Proceedings. DCC 2004》.2004,

1. 一种用于视频技术的计算机实现的方法,包括:

基于第一组编码点和被包括在与媒体标题相关联的源视频序列中的第一镜头序列来生成第一组镜头编码点,其中,每个镜头编码点与不同的编码镜头序列相关联;

跨所述第一组镜头编码点执行一个或多个凸包操作以生成与所述第一镜头序列相关联的第一凸包;

基于所述第一凸包和与被包括在所述源视频序列中的第二镜头序列相关联的第二凸包来生成多个编码视频序列;

基于所述多个编码视频序列和针对第一视频度量的目标值来计算未被包括在所述第一组编码点中的第一编码点;以及

基于所述第一编码点来生成优化的编码视频序列,其中,所述优化的编码视频序列的至少一部分随后在所述媒体标题的回放期间被流式传输到端点设备。

2. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,生成所述优化的编码视频序列包括:

基于所述第一镜头序列和所述第一编码点来生成第一编码镜头序列;

基于所述第二镜头序列和不等同于所述第一编码点的第二编码点来生成第二编码镜头序列;以及

聚合所述第一编码镜头序列和所述第二编码镜头序列。

3. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,执行所述一个或多个凸包操作包括:

确定包括所述第一组镜头编码点的区域;

标识所述区域的边界,其中,被包括在所述第一组镜头编码点中的镜头编码点不位于所述边界的第一侧上;以及

丢弃被包括在所述第一组镜头编码点中的不沿着所述边界定位的任何镜头编码点以生成所述第一凸包。

4. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,生成所述多个编码视频序列包括:

计算第一镜头编码点与第二镜头编码点之间的第一斜率值,其中,所述第一镜头编码点和所述第二镜头编码点都被包括在所述第一凸包中;

基于所述第一斜率值来选择与所述第二镜头编码点相关联的第一编码镜头序列;以及

聚合所述第一编码镜头序列和第二编码镜头序列以生成第一编码视频序列,其中,所述第二编码镜头序列与被包括在所述第二凸包中的第三镜头编码点相关联。

5. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,计算所述第一编码点包括:

基于所述多个编码视频序列来生成全局凸包,其中,所述全局凸包包括第一组视频编码点;

基于所述目标值来选择被包括在所述第一组视频编码点中的第一视频编码点;以及

基于所述第一视频编码点和所述第一凸包来确定所述第一编码点。

6. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,计算所述第一编码点包括:

基于所述目标值来标识被包括在所述多个编码视频序列中的第一编码视频序列;

标识与所述第一编码视频序列相关联并且被包括在所述第一凸包中的第一镜头编码点;

基于所述第一镜头编码点与所述第二镜头编码点之间的距离来标识被包括在所述第一凸包中的第二镜头编码点；以及

基于所述第一镜头编码点和所述第二镜头编码点来执行至少一个算术运算。

7. 根据权利要求6所述的计算机实现的方法，其中，执行所述至少一个算术运算包括：计算编码参数的第一值和所述编码参数的第二值的平均值，并且其中，所述编码参数的所述第一值与所述第一镜头编码点相关联，并且所述编码参数的所述第二值与所述第二镜头编码点相关联。

8. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法，其中，计算所述第一编码点包括：

基于所述目标值来标识被包括在所述多个编码视频序列中的第一编码视频序列；

标识与所述第一编码视频序列相关联并且被包括在所述第一凸包中的第一镜头编码点；

基于所述第一镜头编码点与所述第二镜头编码点之间的距离来标识被包括在所述第一凸包中的第二镜头编码点；

确定与所述第一镜头编码点相关联的第一分辨率不等于与所述第二镜头编码点相关联的第二分辨率；

基于所述第一分辨率和所述第二分辨率来将编码参数的端点值设置为等于所述编码参数的最大值或所述编码参数的最小值；以及

在与所述第一镜头编码点相关联的所述编码参数的第一值和所述编码参数的端点值之间执行至少一个算术运算。

9. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法，其中，所述第一视频度量包括比特率、峰值信噪比 (PSNR)、线性视频多方法评估融合 (VMAF) 度量、谐波VMAF (VMAFh) 度量或失真度量。

10. 一种包括指令的计算机可读存储介质，所述指令在由处理器执行时，使所述处理器执行以下步骤：

基于第一组编码点和被包括在与媒体标题相关联的源视频序列中的第一镜头序列来生成第一组镜头编码点，其中，每个镜头编码点与不同的编码镜头序列相关联；

跨所述第一组镜头编码点执行一个或多个凸包操作以生成与所述第一镜头序列相关联的第一凸包；

基于所述第一凸包和与被包括在所述源视频序列中的第二镜头序列相关联的第二凸包来生成全局凸包；

基于针对第一视频度量的目标值、所述全局凸包和所述第一凸包来计算未被包括在所述第一组编码点中的第一编码点；以及

基于所述第一编码点来生成优化的编码视频序列，其中，所述优化的编码视频序列的至少一部分随后在所述媒体标题的回放期间被流式传输到端点设备。

11. 根据权利要求10所述的计算机可读存储介质，其中，生成所述优化的编码视频序列包括：

基于所述第一镜头序列和所述第一编码点来生成第一编码镜头序列；

基于所述第二镜头序列和不等同于所述第一编码点的第二编码点来生成第二编码镜头序列；以及

聚合所述第一编码镜头序列和所述第二编码镜头序列。

12. 根据权利要求10所述的计算机可读存储介质,其中,执行所述一个或多个凸包操作包括:

确定包括所述第一组镜头编码点的区域;

标识所述区域的边界,其中,被包括在所述第一组镜头编码点中的镜头编码点不位于所述边界的第一侧;以及

丢弃被包括在所述第一组镜头编码点中的不沿着所述边界定位的任何镜头编码点以生成所述第一凸包。

13. 根据权利要求12所述的计算机可读存储介质,其中,被包括在所述第一凸包中的每个镜头编码点与比特率和针对失真度量或视觉质量度量的值两者相关联。

14. 根据权利要求10所述的计算机可读存储介质,其中,生成所述全局凸包包括:

计算第一镜头编码点与第二镜头编码点之间的第一斜率值,其中,所述第一镜头编码点和所述第二镜头编码点都被包括在所述第一凸包中;

基于所述第一斜率值来选择与所述第二镜头编码点相关联的第一编码镜头序列;

聚合所述第一编码镜头序列和第二编码镜头序列以生成第一编码视频序列,其中,所述第二编码镜头序列与被包括在所述第二凸包中的第三镜头编码点相关联;

基于所述第一编码视频序列来生成第一视频编码点;以及

将所述第一视频编码点添加到部分全局凸包以生成所述全局凸包。

15. 根据权利要求10所述的计算机可读存储介质,其中,计算所述第一编码点包括:

基于所述目标值来选择被包括在所述全局凸包中的第一视频编码点;

基于所述第一视频编码点来选择被包括在所述第一凸包中的第一镜头编码点;

基于所述第一镜头编码点与所述第二镜头编码点之间的距离来标识被包括在所述第一凸包中的第二镜头编码点;以及

基于所述第一镜头编码点和所述第二镜头编码点来执行至少一个算术运算。

16. 根据权利要求15所述的计算机可读存储介质,其中,执行所述至少一个算术运算包括:计算与所述第一镜头编码点相关联的第一分辨率和与所述第二镜头编码点相关联的第二分辨率的平均值。

17. 根据权利要求10所述的计算机可读存储介质,其中,计算所述第一编码点包括:

基于所述目标值来选择被包括在所述全局凸包中的第一视频编码点;

基于所述第一视频编码点来选择被包括在所述第一凸包中的第一镜头编码点;

基于所述第一镜头编码点与所述第二镜头编码点之间的距离来标识被包括在所述第一凸包中的第二镜头编码点;

确定与所述第一镜头编码点相关联的第一分辨率不等于与所述第二镜头编码点相关联的第二分辨率;

基于所述第一分辨率和所述第二分辨率来将编码参数的端点值设置为等于所述编码参数的最大值或所述编码参数的最小值;以及

在与所述第一镜头编码点相关联的所述编码参数的第一值和所述编码参数的端点值之间执行至少一个算术运算。

18. 根据权利要求10所述的计算机可读存储介质,其中,所述第一编码点指定分辨率和

编码参数中的至少一个。

19. 一种用于视频技术的系统,包括:

存储器,所述存储器存储指令;以及

处理器,所述处理器耦合到所述存储器,并且在执行所述指令时被配置为:

将与媒体标题相关联的视频序列划分成多个帧集;

基于第一组编码点和被包括在所述多个帧集中的第一帧集来生成第一组镜头编码点,其中,每个镜头编码点与不同的编码帧集相关联;

跨所述第一组镜头编码点执行一个或多个凸包操作以生成与所述第一帧集相关联的第一凸包;

基于所述第一凸包和与被包括在所述多个帧集中的第二帧集相关联的第二凸包来生成多个编码视频序列;

基于所述多个编码视频序列和针对第一视频度量的目标值来计算未被包括在所述第一组编码点中的第一编码点;并且

基于所述第一编码点来生成优化的编码视频序列,其中,所述优化的编码视频序列的至少一部分随后在所述媒体标题的回放期间被流式传输到端点设备。

20. 根据权利要求19所述的系统,其中,所述处理器被配置为确定通过以下步骤来生成所述优化的编码视频序列:

基于所述第一帧集和所述第一编码点来生成第一编码帧集;

基于所述第二帧集和不等同于所述第一编码点的第二编码点来生成第二编码帧集;以及

聚合所述第一编码帧集和所述第二编码帧集。

## 用于对视频内容进行编码的迭代技术

### [0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求以下各项的优先权权益:具有序列号62/462,873(代理人档案号NETF/0144USL)并于2017年2月23日提交的美国临时专利申请、具有序列号62/534,170(代理人档案号NETF/0176USL)并于2017年7月18日提交的美国临时专利申请、具有序列号62/550,517(代理人档案号NETF/0176USL02)并于2017年8月25日提交的美国临时专利申请、以及具有序列号15/902,976(代理人档案号NETF0144US4)并于2018年2月22日提交的美国专利申请。这些相关申请的主题由此通过引用并入本文。

### 技术领域

[0003] 本发明的实施方式一般地涉及视频技术,并且更具体地,涉及用于对视频内容进行编码的迭代技术。

### 背景技术

[0004] 典型的视频流服务提供对可在一系列不同的端点设备上观看的媒体标题的库的访问。每个端点设备可以在不同的连接条件下连接到视频流服务。一些值得注意的连接条件包括但不限于带宽和等待时间。另外,每个不同的端点设备可以包括用于将媒体标题输出给(一个或多个)最终用户的不同硬件。例如,给定端点设备可以包括具有特定屏幕大小和特定屏幕分辨率的显示屏幕。

[0005] 在许多实施方式中,连接到视频流服务的端点设备执行端点应用,所述端点应用针对给定媒体标题来基于端点设备的连接条件和属性来确定要流式传输到端点设备的媒体标题的适当编码版本。更具体地,端点应用试图选择媒体标题的特定编码版本,其在端点设备上回放媒体标题期间提供最佳视觉质量,同时避免由于缓冲或重新缓冲而导致的回放中断。

[0006] 在一些实施方式中,端点应用基于比特率阶梯(bitrate ladder)来选择媒体标题的特定编码版本。比特率阶梯被设计为在基于可用比特率回放媒体标题期间实现目标视觉质量。比特率阶梯中的每个梯级指定与媒体标题的不同的预生成的编码版本相对应的不同的比特率-分辨率对。为了生成与给定比特率-分辨率对相对应的媒体标题的编码版本,视频服务提供商以所述分辨率对与媒体标题相关联的视频内容进行采样以生成采样的视频内容。视频服务提供商然后基于与比特率相关联的编码参数来对经采样的视频内容进行编码。

[0007] 上述编码技术的一个缺点是与给定媒体标题相关联的视频内容的复杂性经常跨媒体标题变化,但是用于对视频内容进行编码的分辨率和编码参数不变化。结果,对媒体标题的相对简单的部分进行编码可能消耗比满足目标视觉质量所必需的更多的计算和存储资源。例如,媒体标题的相对简单的部分能具有相同的视觉质量,而不管视频内容的该部分是使用每秒8兆位的比特率来编码还是使用每秒20兆位的比特率来编码。这样的编码低效率不仅不必要地浪费计算和存储资源,这些类型的低效率还不必要地增加将媒体标题的编

码版本流式传输到端点设备所需要的带宽。

[0008] 如前所述,在本领域中需要的是用于对视频内容进行编码以便流式传输的更有效技术。

## 发明内容

[0009] 本发明的一个实施方式阐述一种用于对源视频序列进行编码的计算机实现的方法。所述方法包括:基于第一组编码点和被包括在与媒体标题相关联的源视频序列中的第一镜头序列来生成第一组镜头编码点,其中,每个镜头编码点与不同的编码镜头序列相关联;跨所述第一组镜头编码点执行一个或多个凸包操作以生成与所述第一镜头序列相关联的第一凸包;基于所述第一凸包和与被包括在所述源视频序列中的第二镜头序列相关联的第二凸包来生成多个编码视频序列;基于所述多个编码视频序列和针对第一视频度量的目标值来计算未被包括在所述第一组编码点中的第一编码点;以及基于所述第一编码点来生成优化的编码视频序列,其中,所述优化的编码视频序列的至少一部分随后在所述媒体标题的回放期间被流式传输到端点设备。

[0010] 所公开的技术相对于现有技术的至少一个技术改进是迭代地收敛到优化的一组单独地编码的镜头序列降低通常与常规的编码技术相关联的编码低效率。特别地,因为基于针对镜头序列优化的分辨率和编码参数来对每个镜头序列进行编码,所以可针对目标比特率按增加的视觉质量而将编码视频序列流式传输到端点设备。相反地,可针对目标视觉质量按减小的比特率而将编码视频序列流式传输到端点设备。

## 附图说明

[0011] 为了可详细地理解用来实现各种实施方式的上述特征的方式,可以通过参考各种实施方式来得到上面简要地概述的发明构思的更特定描述,一些实施方式被图示在附图中。然而,应当注意的是,附图仅图示发明构思的典型的实施方式,因此不应被认为以任何方式限制范围,并且存在其他同样有效的实施方式。

[0012] 图1是被配置为实现本发明的一个或多个方面的系统的概念图示;

[0013] 图2是根据本发明的各种实施方式的图1的迭代控制器的更详细图示;

[0014] 图3是根据本发明的各种实施方式的图1的动态优化器的更详细图示;

[0015] 图4图示根据本发明的各种实施方式的由图3的凸包生成器生成的凸包;

[0016] 图5A至图5D更详细地图示根据本发明的各种实施方式的图3的网格迭代器如何将编码镜头序列组装成编码视频序列;

[0017] 图6图示根据本发明的各种实施方式的由图1的动态优化器基于图5A至图5D中所示的不同的视频编码点而生成的全局凸包;

[0018] 图7图示根据本发明的各种实施方式的图1的迭代控制器如何针对镜头序列生成附加编码点;

[0019] 图8是根据本发明的各种实施方式的图1的优化的编码视频序列的更详细图示;以及

[0020] 图9A和图9B阐述根据本发明的各种实施方式的用于对源视频序列进行编码的方法步骤的流程图。

## 具体实施方式

[0021] 在以下描述中,阐述了许多具体细节以提供对各种实施方式的更透彻理解。然而,对于本领域的技术人员而言将显而易见的是,可以在没有这些具体细节中的一个或多个的情况下实践发明构思。

[0022] 所公开的技术基于目标度量值(例如,比特率或质量分数)来生成优化的编码视频序列。对于被包括在源视频序列中的每个镜头序列,迭代控制器初始化编码列表以包括相对稀疏地分布的编码点。每个编码点指定分辨率和量化参数(QP)。迭代控制器然后配置动态优化器以基于编码列表来生成全局凸包。

[0023] 动态优化器基于被包括在编码列表中的新的编码点来生成新的镜头编码点。“新的”编码点是动态优化器先前尚未生成关联的编码镜头序列的编码点。作为生成给定镜头编码点的一部分,动态优化器生成并分析关联的编码镜头序列。随后,对于每个镜头序列,动态优化器生成包括与镜头序列相关联的镜头编码点的子集的凸包。通常,对于给定镜头序列,被包括在所关联的凸包中的镜头编码点针对不同的失真水平使比特率最小化。

[0024] 动态优化器然后跨所有镜头序列评估凸包以标识多个镜头编码序列,其中每个镜头编码序列指定镜头编码点的序列。对于每个镜头编码序列,动态优化器聚合与镜头编码点相关联的不同的编码镜头序列以生成编码视频序列。动态优化器基于镜头编码序列来生成全局凸包。通常,被包括在全局凸包中的每个点与不同的镜头编码序列相关联,所述每个点针对不同的总失真水平使总比特率最小化。

[0025] 迭代控制器基于全局凸包和目标度量值(例如,比特率或质量得分)来选择优化的镜头编码序列。对于每个镜头序列,优化的镜头编码序列指定优化的镜头编码点。对于每个镜头序列,迭代控制器评估优化的镜头编码点沿着所关联的凸包的位置以标识一个或多个附近的镜头编码。基于优化的镜头编码点和附近的镜头编码点的分辨率和QP值,迭代控制器可以针对镜头序列生成任何数量的新的编码点。如果迭代控制器标识任何新的编码点,则迭代控制器配置动态优化器以基于编码点的扩展集来生成新的全局凸包。

[0026] 然而,如果迭代控制器未标识任何新的编码点,则迭代控制器选择被包括在优化的视频编码点中的编码视频序列作为优化的编码视频序列。最后,迭代控制器将优化的编码视频序列发送到内容递送网络以便分发给端点设备。

[0027] 所公开的技术的一个优点和技术进步是需要具体编码点以满足目标比特率或目标质量分数的源视频序列的各部分在那些编码点处被编码。进一步地,源视频序列的其他部分在其他适当地选择的编码点处被编码。在针对镜头序列优化的编码点处对每个镜头序列进行编码减少通常与常规的编码技术相关联的编码低效率。

## [0028] 系统概要

[0029] 图1是被配置为实现本发明的一个或多个方面的系统100的概念图示。如所示,系统100包括但不限于任何数量的计算实例110和云160。通常,云160包含封装的共享资源、软件、数据等。出于说明性目的,同样的对象的多个实例在需要时用标识对象的附图标记和标识实例的括号来表示。

[0030] 任何数量的计算实例110可以驻留在云160外部,然而其他计算实例110可以驻留在云160内部。在各种实施方式中,系统100的任何数量的组件可以分布在多个地理位置之上。进一步地,系统100的任何数量的组件可以被以任何组合被包括在一个或多个独立设

备、分布式计算环境或云160中或者分布在一个或多个独立设备、分布式计算环境或云160之上。

[0031] 如所示,计算实例110中的每一个均包括但不限于处理器112和存储器116。处理器112可以是能够执行指令的任何指令执行系统、装置或设备。例如,处理器112能包括中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)、控制器、微控制器、状态机或其任何组合。存储器116存储内容,诸如软件应用和数据,以供由计算实例110的处理器112使用。

[0032] 存储器116可以是可容易地获得的存储器中的一个或多个,诸如随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、软盘、硬盘,或本地的或远程的任何其他形式的数字存储装置。在一些实施方式中,存储装置(未示出)可以补充或者替换存储器116。存储装置可以包括对处理器112可访问的任何数量和类型的外部存储器。例如但不限于,存储装置可以包括安全数字卡、外部闪速存储器、便携式紧凑型只读存储器(CD-ROM)、光学存储设备、磁存储设备或上述的任何适合的组合。

[0033] 通常,计算实例110被配置为实现一个或多个应用。仅出于说明性目的,每个应用被描绘为驻留在单个计算实例110的存储器116中并且在单个计算实例110的处理器112上执行。然而,如本领域的技术人员将认识到那样,每个应用的功能性可以分布在任何数量的其他应用之上,其他应用以任何组合驻留在任何数量的计算实例110的存储器116中并且在任何数量的计算实例110的处理器112上执行。进一步地,可以将任何数量的应用的功能合并到单个应用或子系统中。

[0034] 特别地,计算实例110被配置为针对源视频序列122生成优化的编码视频序列180。源视频序列122包括但不限于与媒体标题相关联的任何量和类型的视频内容。视频内容的实施例包括但不限于特征长度电影的任何部分(包括全部)、电视节目的剧集和音乐视频等等。优化的编码视频序列180包括但不限于从被包括在源视频序列122中的视频内容导出的编码视频内容。

[0035] 尽管未示出,然而视频流服务提供对可在一系列不同的端点设备上观看的媒体标题的库的访问。媒体标题的库包括但不限于与源视频序列122相关联的媒体标题。每个端点设备可以在不同的连接条件下连接到视频流服务。一些值得注意的连接条件包括但不限于带宽和等待时间。另外,每个不同的端点设备可以包括用于将媒体标题输出给最终用户的不同的硬件。例如,给定端点设备能包括具有特定屏幕大小和特定屏幕分辨率的显示屏幕。

[0036] 在许多实施方式中,连接到视频流服务的端点设备执行端点应用,所述端点应用针对给定媒体标题来基于端点设备的连接条件和属性来确定要流式传输到端点设备的媒体标题的适当编码版本。更具体地,端点应用试图选择媒体标题的特定编码版本,其在端点设备上回放媒体标题期间提供最佳视觉质量,同时避免由于缓冲或重新缓冲而导致的回放中断。

[0037] 在一些常规的实施方式中,端点应用基于比特率阶梯来选择媒体标题的特定编码版本。比特率阶梯被设计为在基于可用比特率回放媒体标题期间实现目标视觉质量。比特率阶梯中的每个梯级指定与媒体标题的不同的预生成的编码版本相对应的不同的比特率-分辨率对。为了生成与给定比特率-分辨率对相对应的媒体标题的编码版本,视频服务提供商以所述分辨率对与媒体标题相关联的视频内容进行采样以生成采样的视频内容。视频服务提供商然后基于与比特率相关联的编码参数来对经采样的视频内容进行编码。

[0038] 上述常规的编码技术的一个缺点是与给定媒体标题相关联的视频内容的复杂性经常跨媒体标题变化,但是用于对视频内容进行编码的分辨率和编码参数不变化。结果,对媒体标题的相对简单的部分进行编码可能消耗比满足目标视觉质量所必需的更多的计算和存储资源。例如,媒体标题的相对简单的部分能具有相同的视觉质量,而不管视频内容的该部分是使用每秒8兆位的比特率来编码还是使用每秒20兆位的比特率来编码。这样的编码低效率不仅不必要地浪费计算和存储资源,这些类型的低效率还不必要地增加将媒体标题的编码版本流式传输到端点设备所需要的带宽。

[0039] 针对单独的镜头序列优化编码操作

[0040] 为了解决上述问题,系统100包括但不限于迭代编码应用120,其针被对包括在源视频序列122中的每个镜头序列132优化分辨率和编码参数。源视频序列122包括但不限于任何数量的连续和非重叠镜头序列132。镜头序列132中的每一个均包括一组帧,该一组帧通常具有类似的空间-时间属性并且在不间断的时间段内运行。迭代编码应用120驻留在存储器116中的一个中并且在处理器112中的一个上执行。

[0041] 如所示,迭代编码应用120包括但不限于镜头分析器130、迭代控制器140和动态优化器150。在接收源视频序列122时,镜头分析器130确定被包括在源视频序列122中的一个或多个镜头变化172。镜头变化172中的每一个均指定镜头序列132的不同对之间的边界。镜头分析器130可以以任何技术上可行的方式确定一个或多个镜头变化172。

[0042] 例如,在一些实施方式中,镜头分析器130将源视频序列122发送到驻留在云160中的镜头检测器170。为了确定镜头变化172,镜头检测器170基于源视频序列122来执行任何数量的镜头检测算法。镜头检测算法的一些实施例包括但不限于多尺度绝对差异和算法、运动补偿残余能量算法、差异直方图算法、直方图差异算法等。镜头检测器170然后将镜头变化172发送到镜头分析器130。在替代实施方式中,镜头分析器130可以对源视频序列122执行任何数量的镜头检测操作以确定镜头变化172。

[0043] 镜头分析器130基于镜头变化172来对源视频序列122执行划分操作以确定镜头序列132。在一些实施方式中,镜头分析器130还可以从源视频序列122移除无关像素。例如,镜头分析器130能移除被包括在沿着源视频序列122的边界部分的黑条中的像素。

[0044] 在各种实施方式中,迭代编码应用120确保每个镜头序列132的初始帧在编码操作期间被编码为关键帧。一般而言,“关键帧”以及来自相同的镜头序列132的被包括在编码视频序列中的所有后续帧独立于被包括在编码视频序列中的任何在先帧被解码。

[0045] 迭代编码应用120可以确保不同的镜头序列132的不同的初始帧被以任何技术上可行的方式编码为关键帧。例如,在一些实施方式中,动态优化器150配置编码应用160以在对视频内容进行编码时基于关键帧位置列表(在图1中未示出)来将帧编码为关键帧。在其他实施方式中,动态优化器150可以执行任何数量的编码操作以在对视频内容进行编码时将不同的镜头序列132的不同的初始帧编码为关键帧。

[0046] 如本领域的技术人员将认识到那样,在回放期间,与源视频序列122相关联的媒体标题可在对齐的关键帧处在不同的编码视频序列180的解码版本之间切换以基于任何数量的相关准则来优化观看体验。相关准则的实施例包括当前连接带宽、当前连接等待时间、即刻到来的镜头序列132的内容等。

[0047] 在接收到镜头序列132时,迭代控制器140基于目标度量值170来生成优化的编码

视频序列180。对于镜头序列132中的每一个,优化的编码视频序列180包括但不限于与镜头序列132相关联的编码镜头序列(在图1中未示出)。编码镜头序列中的每一个均包括从被包括在所关联的镜头序列132中的视频内容导出的编码视频内容。

[0048] 目标度量值170是对应于编码视频内容的一个或多个属性的度量的值。在一些实施方式中,目标度量值170是比特率。在其他实施方式中,目标度量值170是视觉质量度量的质量分数。视觉质量度量的实施例包括但不限于峰值信噪比(PSNR)、线性视频多方法评估融合(VMAF)度量和諧波VMAF(VMAFh)等等。

[0049] 在操作中,迭代控制器140在迭代过程中生成优化的编码视频序列180,所述迭代过程单独地优化被包括在优化的编码视频序列180中的编码镜头序列中的每一个。如结合图2更详细地描述的,对于每个镜头序列132,迭代控制器140初始化不同的编码列表(在图1中未示出)以包括相对稀疏地分布的编码点。通常,每个编码列表可以指定任何数量的编码点,并且编码列表中的编码点的数量可以不同于其他编码列表中的编码点的数量。每个编码点指定分辨率和一个或多个编码参数。

[0050] 随后,如结合图3至图6更详细地描述的,迭代控制器140配置动态优化器150以基于编码列表来生成全局凸包。首先,动态优化器150评估编码列表以标识新的编码点。对于每个编码列表,“新的”编码点是动态优化器150先前尚未基于所关联的镜头序列132来生成编码镜头序列的编码点。对于每个新的编码点,动态优化器150生成编码镜头序列。

[0051] 动态优化器150可以以任何技术上可行的方式生成编码镜头序列。进一步地,一般而言,动态优化器150可以以任何技术上可行的方式基于给定分辨率和给定编码参数来生成从视频内容导出的编码视频内容。例如,在一些实施方式中,动态优化器150基于分辨率来对视频内容执行采样操作以生成采样的视频内容。随后,动态优化器150配置编码应用162以基于编码参数来对经采样的视频内容执行编码操作以生成编码镜头序列。

[0052] 如所示,编码应用162驻留在云160中并且被配置为经由一个或多个并行编码器164高效地执行编码操作。并行编码器164中的每一个均可以包括任何数量的计算机实例110。在替代实施方式中,动态优化器150可以执行编码操作并且系统100可以省略编码应用162。在相同或其他的实施方式中,系统100可以包括采样应用,并且动态优化器150可以配置采样应用以执行采样操作。

[0053] 动态优化器150可以以任何组合且以任何技术上可行的方式在任何粒度水平下(例如,每帧、每镜头序列、每视频序列等)执行采样操作和编码操作。例如,在一些实施方式中,动态优化器150可以基于给定分辨率来对源视频序列122执行采样操作以生成采样的视频序列。随后,对于与分辨率相关联的每个编码点,动态优化器150可以配置编码应用162以基于所关联的编码参数来对与关联的镜头序列132相对应的经采样的视频内容进行编码。

[0054] 在生成新的编码镜头序列之后,动态优化器150基于编码镜头序列来计算比特率、质量分数和失真水平。动态优化器150可以以任何技术上可行的方式计算比特率、质量分数和失真水平。对于每个新的编码镜头序列,动态优化器150生成镜头编码点(在图1中未示出),其包括编码镜头序列、分辨率、编码参数、比特率、质量分数和失真水平。对于镜头序列132中的每一个,动态优化器150生成不同的凸包。与给定镜头序列132相关联的凸包包括与镜头序列132相关联的任何数量的镜头编码点。通常,对于给定镜头序列132,被包括在所关联的凸包中的镜头编码点针对不同的失真水平使比特率最小化。

[0055] 动态优化器150然后跨所有镜头序列132评估凸包以确定镜头编码序列(在图1中未示出)。每个镜头编码序列为不同的镜头序列132指定镜头编码点。对于每个镜头编码序列,动态优化器150聚合被包括在镜头编码点中的不同的编码镜头序列以生成编码视频序列。对于每个镜头编码序列,动态优化器150然后生成视频编码点,其包括镜头编码序列、所关联的编码视频序列、编码镜头序列的总比特率以及编码镜头序列的总失真水平。随后,动态优化器150基于视频编码点来生成全局凸包。通常,对于源视频序列122,被包括在全局凸包中的视频编码点中的每一个均针对不同的总失真水平使总比特率最小化。

[0056] 迭代控制器140然后基于目标度量值170来选择被包括在全局凸包中的优化的视频编码点。对于每个镜头序列132,迭代控制器140基于优化的视频编码点来标识优化的镜头编码点。随后,对于每个镜头序列132,迭代控制器140基于所关联的优化的镜头编码点和与镜头序列132(x)相关联的凸包来标识任何数量(包括零)的新的编码点。

[0057] 更具体地,对于给定镜头序列132,迭代控制器140基于与镜头序列132相关联的优化的镜头编码点来对与镜头序列132相关联的凸包执行任何数量和类型的搜索操作。如果迭代控制器140标识任何新的编码点,则迭代控制器140将编码点添加到适当的编码列表。迭代控制器140然后配置动态优化器150以基于经扩展的编码列表来生成新的全局凸包。

[0058] 然而,如果迭代控制器140未标识任何新的编码点,则迭代控制器140确定迭代控制器140已相对于目标度量值170连续地收敛。迭代控制器140选择被包括在优化的视频编码点中的编码视频序列作为优化的编码视频序列180。最后,迭代控制器140将优化的编码视频序列180发送到内容递送网络(CDN)190以便分发给端点设备。

[0059] 注意的是,本文描述的技术是说明性的而不是限制性的,并且可以在不脱离本发明的更广精神和范围的情况下被更改。在不脱离所描述的实施方式的范围和精神的情况下,对由迭代编码应用120、镜头分析器130、迭代控制器140、动态优化器150、镜头检测器170、编码应用162和内容递送网络190提供的功能性的许多修改和变化对于本领域的普通技术人员而言将是显而易见的。例如,在各种实施方式中,迭代编码应用120、镜头分析器130、迭代控制器140、动态优化器150和编码应用162中的一个或多个可以被配置为标识一致性度量位于指定范围内的帧集而不是镜头序列132并且对其进行操作。

[0060] 在一些替代实施方式中,迭代编码应用120、镜头分析器130和/或镜头检测器170可以被配置为将源视频序列132划分成不一定与镜头序列132等效的帧集。迭代编码应用120、镜头分析器130和/或镜头检测器170可以被配置为以任何技术上可行的方式将源视频序列132划分成帧集。帧集可以表示各种不同的构造,包括图片组(GOP)、帧序列、多个帧序列等。以互补的方式,迭代编码应用120、迭代控制器140、动态优化器150、编码应用162和内容递送网络190可以被配置为对帧集和编码帧集而不是镜头序列132和编码镜头序列进行操作。

[0061] 如本领域的技术人员将认识到那样,可以修改本文描述的技术以优化音频编码而不是视频编码。例如,在一些实施方式中,可以将音频轨道划分成“音频场景”。可以经由音频渲染硬件对音频场景进行采样。可以经由通过量化参数和/或比特率设定来配置的音频编解码器对经采样的音频场景进行编码。可以经由音频质量感知评估(PEAQ)算法计算编码音频场景的质量分数。值得注意的是,可以基于本文以任何组合描述的技术中的任一种来针对每个音频场景优化分辨率和/或任何数量的编码参数。

[0062] 应领会的是,本文示出的系统100是说明性的并且变化和修改是可能的。例如,由如本文所述的迭代编码应用120、镜头分析器130、迭代控制器140、动态优化器150、镜头检测器170、编码应用162和内容递送网络190提供的功能性可以被集成到系统100的任何数量的软件应用(包括一个)、硬件设备(例如,基于硬件的编码器)和任何数量的组件中或者分布在其之上。进一步地,可以视需要而定修改图1中的各个单元之间的连接拓扑。

[0063] 图2是根据本发明的各种实施方式的图1的迭代控制器140的更详细图示。如所示,迭代控制器140包括但不限于S+1编码列表210,其中S+1是镜头序列132的总数。进一步地,编码列表210中的每一个均包括任何数量的编码点120。每个编码点120包括但不限于比特率332和量化参数(QP)值324。

[0064] 当对视频内容进行编码时,量化参数在比特率和失真方面允许单调性能。QP值越高,以较低质量为代价结果得到的比特率越低。然而,在替代实施方式中,代替或者除了QP值324之外,编码点120中的每一个均还可以包括任何数量和类型的编码参数。

[0065] 最初,对于每个镜头序列132(x),迭代控制器140生成包括编码点220的相对稀疏选择的编码列表210(x)。迭代控制器140可以以任何技术上可行的方式生成初始编码列表210。例如,在一些实施方式中迭代控制器140基于固定的一组分辨率和由迭代编码应用120实现的编解码器来初始化编码列表210。

[0066] 更具体地,对于每个编码列表210,迭代控制器210生成指定由视频编解码器所允许的最小分辨率和最大QP值的编码点220(0)。迭代控制器210然后生成指定由视频编解码器所允许的最小分辨率和中间QP值的编码点220(1)。对于位于最大分辨率与最小分辨率中间的每个附加分辨率,迭代控制器210生成指定该分辨率和中间QP值的编码点220。迭代控制器210然后生成指定最大分辨率和中间QP值的编码点220。最后,迭代控制器210生成指定由视频编解码器所允许的最大分辨率和最小QP值的编码点220。

[0067] 仅出于说明性目的,用斜体描绘被包括在每个编码列表210中的前五个点的实施例分辨率和值。如所示,编码点220(0)指定 $640 \times 260$ 的分辨率322和0的QP值324,编码点220(1)指定 $640 \times 260$ 的分辨率322和26的QP值324,编码点220(2)指定 $960 \times 520$ 的分辨率322和26的QP值324,编码点220(3)指定 $1280 \times 720$ 的分辨率322和26的QP值324,编码点220(4)指定 $1920 \times 1080$ 的分辨率322和26的QP值324,并且编码点220(5)指定 $1920 \times 1080$ 的分辨率322和0的QP值324。

[0068] 如结合图7更详细地描述的,在动态优化器150生成新的全局凸包之后,迭代控制器140可以更新任何数量的编码列表120。值得注意的是,迭代控制器140独立地评估每个镜头序列132(x)以确定要添加到编码列表210(x)的任何数量的新的编码点220。结果,在任何给定时间,被包括在编码列表210(x)中的编码点220的数量可以不同于被包括在任何其他编码列表210中的编码点220的数量。通常,迭代控制器140迭代地细化编码点220的范围以便高效地收敛到与目标度量值170最佳匹配的优化的编码视频序列180。

[0069] 生成不同的编码视频序列

[0070] 图3是根据本发明的各种实施方式的图1的动态优化器150的更详细图示。如所示,动态优化器150包括但不限于镜头编码集310、凸包生成器340、凸包350、网格迭代器360、序列网格370、任何数量的视频编码点380和全局凸包390。镜头编码集310的总数等于镜头序列132的数量。类似地,凸包340的总数等于镜头序列132的数量。通常,镜头序列132(x)与镜

头编码集310 (x) 和凸包340 (x) 两者相关联。

[0071] 镜头编码集310中的每一个均包括但不限于任何数量的镜头编码点320。被包括在镜头编码集310 (x) 中的镜头编码点320的数量可以不同于被包括在任何其他镜头编码集310中的镜头编码点320的数量。镜头编码点320中的每一个均包括但不限于分辨率322、QP值324、编码镜头序列326、比特率332、任何数量的质量分数334和失真水平336。在替代实施方式中,代替或者除了QP值324之外,镜头编码点320还可以包括任何数量和类型的编码参数。

[0072] 当动态优化器150最初从迭代控制器140接收到编码列表210 (0) - 210 (S) 时,动态优化器150生成镜头编码集310 (0) - 310 (S)。对于被包括在每个编码列表210 (x) 中的每个编码点220 (y),动态优化器150生成对应的镜头编码点320 (y) 并且将镜头编码点320 (y) 添加到镜头编码集310 (x)。更具体地,动态优化器150基于在编码点220 (y) 中指定的镜头序列132 (x)、分辨率322和QP值324来生成新的编码镜头序列326。

[0073] 动态优化器150然后计算与编码镜头序列326相关联的比特率332、质量分数334和失真水平336。动态优化器150然后生成镜头编码点320 (y),其包括但不限于编码镜头序列326以及与编码镜头序列326相关联的分辨率322、QP值324、比特率332、质量分数334和失真水平336。最后,动态优化器150将新的镜头编码点320 (y) 被包括在镜头编码集310 (x) 中。

[0074] 随后,在接收到一个或多个更新的编码列表210时,动态优化器150标识任何“新的”编码点220。在操作中,对于编码列表210 (x),动态优化器150确定编码点220中的哪一个(若有的话)不通过镜头编码集310 (x) 来表示。对于被包括在编码列表210 (x) 中的每个新的编码点220 (y),动态优化器150生成对应的镜头编码点320 (y) 并且将新的镜头编码点320 (y) 添加到镜头编码集310 (x)。

[0075] 通常,动态优化器150可以生成编码镜头序列326并且以任何技术上可行的方式确定所关联的质量分数334、关联的比特率332和所关联的失真水平336。为了生成编码镜头序列326,在一些实施方式中,动态优化器150基于分辨率322来对视频内容执行采样操作以生成采样的视频内容。随后,动态优化器150配置编码应用162以基于QP 324来对经采样的视频内容执行编码操作以生成编码镜头序列326。动态优化器150可以以任何技术上可行的方式基于任何技术上可行的编码算法来生成编码镜头序列326。编码算法的实施例包括高级视频编译 (AVC) 和高效率视频编码 (HEVC) 等等。

[0076] 在一些实施方式中,为了确定与编码镜头序列326相关联的质量分数334,动态优化器150对编码镜头序列326进行解码以生成解码镜头序列。动态优化器150然后将解码镜头序列重新采样(即,上采样或者下采样)到目标分辨率以生成与一类端点设备的显示特性相关的重建镜头序列。

[0077] 在替代实施方式中,动态优化器150可以针对任何数量的分辨率计算任何数量的质量分数334。例如,某个视频可以被以 $3840 \times 2160$ 分辨率递送,然而旨在由大量显示器以 $1920 \times 1080$ 分辨率消费。另一类端点设备(例如笔记本计算机)预期以 $1280 \times 720$ 分辨率显示相同的视频。又一类端点设备(例如,平板或智能电话设备)预期以 $960 \times 540$ 分辨率显示相同的视频。当相应地考虑这些不同类的端点设备中的一个时,动态优化器150能将解码镜头序列上采样到所有这些目标分辨率以便评估质量。

[0078] 动态优化器150然后分析重建镜头序列以针对客观质量度量 (QM) 生成质量分数

334。例如,在一些实施方式中动态优化器150实现VMAF(或谐波VMAF)算法以基于所关联的重建镜头序列来针对每个编码镜头序列326生成VMAF分数。尽管可在不同的目标分辨率下计算多个视频质量度量,诸如VMAF分数,然而应该清楚的是,当在与不同的分辨率332相关联的编码镜头序列385当中比较质量时,应用需要在解码之后使用相同的目标分辨率以便重新采样。例如,在一些实施方式中,动态优化器150将解码镜头序列重新采样到1920×1080以针对每个编码镜头序列326生成重建镜头序列。随后动态优化器基于所关联的重建镜头序列来针对编码镜头序列326计算质量分数334。

[0079] 动态优化器150可以以任何技术上可行的方式基于分辨率334来生成比特率332。例如,在一些实施方式中,动态优化器150可以将分辨率334所需的总比特数除以所关联的镜头序列132的长度。在相同或其他的实施方式中,动态优化器150可以基于质量分数334和用于将质量转换为失真的任何技术上可行的技术来计算失真水平336。例如,动态优化器150能反转质量分数334以确定失真水平336。在另一实施例中,动态优化器150能将恒定值减去质量分数334以确定失真水平336。

[0080] 对于镜头序列132(x)中的每一个,凸包生成器340基于镜头编码集310(x)来生成凸包350(x)。凸包350(x)中的每一个均包括但不限于被包括在镜头编码集310(x)中的针对给定失真水平使比特率最大化的镜头编码点320。结合图4描述凸包生成器340如何基于镜头编码集310(0)来生成凸包350(0)的详细实施例。

[0081] 如所示,并且如结合图5详细地描述的,网格迭代器360接收凸包350,然后迭代地更新序列网格370以生成任何数量的视频编码点380。网格迭代器360是软件模块,并且序列网格370是在下面结合图5A至图5D更详细地描述的数据结构。

[0082] 视频编码点380中的每一个均包括但不限于镜头编码序列382、编码视频序列382、比特率332和失真水平334。镜头编码序列382包括但不限于S+1镜头编码点320-用于镜头序列132中的每一个的不同的镜头编码点320。编码视频序列382包括但不限于被包括在镜头编码序列382中的S+1镜头编码点320中的S+1个编码镜头序列326。比特率332和失真水平334分别指定用于编码视频序列283的全局比特率和全局失真水平。如结合图5A至图5D更详细地描述的,网格迭代器360生成视频编码点,并且随后,基于视频编码点360来生成全局凸包390。

[0083] 图4图示根据本发明的各种实施方式的由图3的凸包生成器340生成的凸包350(0)。特别地,凸包生成器340基于镜头编码集310(0)来生成凸包350(0)。如所示,曲线图400包括但不限于比特率轴410和失真轴420。

[0084] 在操作中,凸包生成器340基于分辨率322来将被包括在镜头编码集310(0)中的镜头编码点320分发到不同的子集中。随后,对于每个分辨率特定子集,凸包生成器340通过沿着比特率轴410定位比特率332并且沿着失真轴420定位失真水平336来标绘镜头编码点320中的每一个以生成对应的失真曲线450。以这种方式,凸包生成器340生成失真曲线450(0)-450(3),其中失真曲线450中的每一个均对应于不同的分辨率322并且包括一个或多个镜头编码点320。

[0085] 在生成失真曲线450之后,凸包生成器340沿着失真曲线450评估镜头编码点320以确定凸包350(x)。更具体地,凸包生成器340标识跨所有失真曲线450的形成边界的镜头编码点320,其中所有镜头编码点320都位于边界的一侧(在这种情况下为边界的右侧)并且还

使得用直线连接任何两个连续标识的镜头编码点320让剩余的镜头编码点320留在同一侧。凸包350(0)包括所标识的镜头编码点320的集合。

[0086] 本领域的技术人员应理解的是,用于生成凸包的许多技术在数学领域中是众所周知的,并且所有这样的技术可以被实现来生成凸包350。在一个实施方式中,凸包生成器340应用机器学习技术来基于所关联的源视频序列132的各种参数来估计被包括在凸包350中的镜头编码点320。以这种方式,可以精简和/或完全避免到目前为止讨论的计算中的一些。

[0087] 图5A至图5D更详细地图示根据本发明的各种实施方式的图3的网格迭代器360如何将编码镜头序列336组装成编码视频序列386。如图5A至图5D中所示,序列网格370包括但不限于镜头轴520和比特率轴410。序列网格370还包括但不限于被包括在凸包350中的镜头编码点320的列,其中每列对应于特定镜头序列132。例如,被包括在序列网格370中的第零列对应于被包括在凸包350(0)中的镜头编码点320。被包括在任何列中的镜头编码点320根据升序比特率332(并且通过构造降序失真水平336)被排名。被包括在任何列中的“包”镜头编码点320也被保证具有负斜率,其在幅度上作为比特率332的函数而减小。

[0088] 为了方便,根据以下系统单独地索引包镜头编码点320。对于给定包镜头编码点320,第一数字是镜头序列132的索引,并且第二数字是进入那些包镜头编码点320的比特率排名的索引。例如,包镜头编码点320 20对应于第零个镜头序列132(0)和排名零的比特率332。类似地,包镜头编码点320 43对应于第四个镜头序列332(4)和排名第三的比特率332(在这种情况下为排名最高的比特率332)。

[0089] 如结合图3先前所描述的,被包括在序列网格370内的每个包镜头编码点320包括不同的编码镜头序列326。网格迭代器360通过组合这些编码镜头序列326来生成编码视频序列386。网格迭代器360实现序列网格370以迭代地执行此组合技术。

[0090] 图5A至图5D中的每一个图示由网格迭代器360在不同迭代时生成的序列网格370的不同版本。图5A图示处于初始状态的序列网格370(0)。这里,网格迭代器360生成包括包镜头编码点320 00、10、20、30和40的镜头编码序列382(0)。这些最初选择的包镜头编码点320具有最低的比特率332和最高的失真水平336,因此位于相应列的底部处。

[0091] 网格迭代器360基于镜头编码序列382(0)来生成编码视频序列386(0)。更确切地说,网格迭代器360聚合顺序地被包括在包镜头编码点00、10、20、30和40中的编码镜头序列326以生成编码视频序列386(0)。随后,网格迭代器360计算编码视频序列386(0)的比特率332和失真水平336。网格迭代器360可以以任何技术上可行的方式计算编码视频序列386(0)的比特率332和失真水平336。网格迭代器360然后生成视频编码点380(0),其包括但不限于镜头编码序列382(0)、编码视频序列386(0)、编码视频序列386(0)的比特率332以及编码视频序列386(0)的失真水平336。

[0092] 网格迭代器360然后针对镜头编码序列382(0)内的每个包镜头编码点320来计算相对于包镜头编码点320与包镜头编码点320的上方邻居之间的比特率332的失真的变化率。例如,网格迭代器360能计算相对于节点00和01、10和11、20和21、30和31以及40和41之间的比特率332的失真的变化率。值得注意的是,针对包括特定编码镜头序列326的包镜头编码点320所计算的变化率表示在包镜头编码点320处取的与该镜头序列132相关联的失真曲线450的导数。

[0093] 网格迭代器360选择具有最大幅度的导数,然后选择与该导数相关联的上方邻居

以用于被包括在后续镜头编码序列382中。例如,在图5B中,网格迭代器360确定与包镜头编码点320\_30相关联的导数是否是最大的,因此将包镜头编码点320\_31(包镜头编码点320\_30的上方邻居)包括在镜头编码序列382(1)中。特别地,如所示,网格迭代器360生成包括包镜头编码点320\_00、10、20、31和40的镜头编码序列382(1)。

[0094] 网格迭代器360然后基于镜头编码序列382(1)来生成编码视频序列386(1)。更确切地说,网格迭代器360聚合顺序地被包括在包镜头编码点00、10、20、31和40中的编码镜头序列326以生成编码视频序列386(1)。随后,网格迭代器360计算编码视频序列386(1)的比特率332和失真水平336。网格迭代器360然后生成视频编码点380(1),其包括但不限于镜头编码序列382(1)、编码视频序列386(1)、编码视频序列386(1)的比特率332以及编码视频序列386(1)的失真水平336。

[0095] 网格迭代器360迭代地执行此技术,从而提升序列网格370,如图5C和图5D中所示。

[0096] 在图5C中,网格迭代器360确定与包镜头编码点320\_00相关联的导数与其他导数相比较是最大的,因此选择包镜头编码点320\_01以用于被包括在镜头编码序列382(2)中。如所示,网格迭代器360生成包括包镜头编码点320\_01、10、20、31和40的镜头编码序列382(2)。

[0097] 网格迭代器360然后基于镜头编码序列382(2)来生成编码视频序列386(2)。更确切地说,网格迭代器360聚合顺序地被包括在包镜头编码点01、10、20、31和40中的编码镜头序列326以生成编码视频序列386(2)。随后,网格迭代器360计算编码视频序列386(2)的比特率332和失真水平336。网格迭代器360然后生成视频编码点380(2),其包括但不限于镜头编码序列382(2)、编码视频序列386(2)、编码视频序列386(2)的比特率332以及编码视频序列386(2)的失真水平336。

[0098] 网格迭代器360继续此过程,直到如图5D中所示生成视频编码点380(T)为止。视频编码点380(T)包括但不限于镜头编码序列382(T)、编码视频序列386(T)、编码视频序列386(T)的比特率332以及编码视频序列386(T)的失真水平336。

[0099] 以这种方式,网格迭代器360通过选择比特率增加并且失真减少的单个包镜头编码点320来递增地改进镜头编码序列382,从而生成具有增加比特率和减少失真的编码视频序列386的合集。

[0100] 在一个实施方式中,网格迭代器360在提升序列网格370之前添加包镜头编码点320以便创建终止条件。在这样做时,网格迭代器360可以复制具有最大的比特率332的包镜头编码点320以使第二个至最后一个包镜头编码点320与最后一个包镜头编码点320之间的变化率为零。当针对所有镜头序列132检测到这个零变化率时,即,当变化率的最大幅度确切地为零时,网格迭代器360标识终止条件并停止迭代。

[0101] 生成新的编码点

[0102] 图6图示根据本发明的各种实施方式的由图1的动态优化器150基于图5A至图5D中所示的不同的视频编码点380而生成的全局凸包390。如所示,曲线图600包括比特率轴410和失真轴420。

[0103] 如结合图5A至图5D详细地描述的,网格迭代器360以上升方式生成镜头编码序列382以减小失真水平336并增加比特率332。因此,所关联的编码视频序列386横跨从高失真水平336和低比特率332到低失真水平336和高比特率332的范围。除了别的以外,视频编码

点380 (x) 中的每一个还包括编码视频序列386 (x) 的比特率332和编码视频序列386 (x) 的失真水平336。

[0104] 如所示,动态优化器150对照比特率轴410和失真轴420来标绘不同的视频编码点380,以生成全局凸包390。动态优化器150然后连接被包括在全局凸包390中的点(即,视频编码点380)以生成曲线630。因此,曲线630表示作为跨所有编码视频序列386的比特率332的函数的失真水平336。

[0105] 通常,基于曲线630,迭代控制器140可针对给定比特率332来选择包括使失真水平336最小化的编码视频序列386的视频编码点380。相反地,迭代控制器140针对给定失真水平336可选择包括针对给定失真水平336使比特率332最小化的编码视频序列的视频编码点380。

[0106] 在操作中,迭代控制器140基于目标度量值170来选择“优化的”视频编码点380。目标度量值170可以是目标比特率332或目标失真水平336。在图6中描绘的实施方式中,目标度量值170是目标比特率332。因此,迭代控制器140选择包括具有最接近于目标度量值170的比特率332的编码视频序列386的优化的视频编码点380。

[0107] 如所示,基于目标度量值170,迭代控制器140选择包括编码视频序列386 (2) 的优化的视频编码点380 (2)。值得注意的是,编码视频序列386 (2) 是针对目标比特率332使失真水平336最小化的视频编码序列386。在替代实施方式中,迭代控制器140选择包括具有最接近于目标度量值170的失真水平336的编码视频序列386的优化的视频编码点380。值得注意的是,优化的视频编码点380还包括“优化的”镜头编码序列282。

[0108] 如先前结合图2和图5A至图5D所描述的,镜头编码序列282 (2) 指定包括被包括在编码视频序列386 (2) 中的编码镜头序列326的镜头编码点320。如所示,编码视频序列386 (2) 包括从镜头序列122 (0) 的640×360版本导出并且在26的QP值下编码的编码镜头序列326,后面是从镜头序列122 (1) 的640×360版本导出并且在51的QP值下编码的编码镜头序列326,后面是从镜头序列122 (2) 的640×360版本导出并且在51的QP值下编码的编码镜头序列326等。

[0109] 通常,被包括在“优化的”镜头编码序列282中的“优化的”镜头编码点320中的每一个均与不同的镜头序列132相关联。对于每个镜头序列132 (x),迭代控制器140沿着所关联的凸包350 (x) 评估所关联的优化的镜头编码点320的位置以标识凸包350 (x) 上的一个或多个附近的镜头编码点320点。基于优化的镜头编码点320和附近的镜头编码点320的分辨率322和QP值324,迭代控制器140可以针对镜头序列132 (x) 生成任何数量的新的编码点220。迭代控制器140将这些新的编码点220包括在编码列表210 (x) 中。以这种方式,迭代控制器140迭代地细化编码点220的范围以便高效地收敛到与目标度量值170最佳匹配的优化的编码视频序列180。

[0110] 图7图示根据本发明的各种实施方式的图1的迭代控制器150如何针对镜头序列132 (0) 生成附加编码点220。如结合图6详细地描述的,迭代控制器150标识被包括在26的QP值324下编码的640×360镜头序列122 (0) 的镜头编码点320 (1) 作为用于镜头序列132 (0) 的优化的镜头编码点320。

[0111] 随后,迭代控制器140生成零至四个新的编码点220并且将这些新的编码点220添加到编码列表210 (0),其为镜头序列132 (0) 指定编码点220。迭代控制器140实现以下算法

来选择新的编码点220。首先,迭代控制器140标识沿着凸包350位于左侧并与优化的镜头编码点320相邻的“左侧”镜头编码点320。如果左侧镜头编码点320具有与优化的镜头编码点320相同的分辨率322,则迭代控制器140生成具有分辨率322的新的编码点210。迭代控制器140将新的编码点的QP值324设定为等于优化的镜头编码点320和左侧镜头编码点320的QP值324的平均值。

[0112] 然而,如果左侧镜头编码点320不具有与优化的镜头编码点320相同的分辨率322,则迭代控制器140生成两个新的编码点210。迭代控制器140将第一新的编码点210的分辨率322设定为等于优化的镜头编码点320的分辨率322。迭代控制器140将第一新的编码点210的QP值324设定为优化的镜头编码点320的QP值324和由视频编解码器所允许的最大QP值的平均值。迭代控制器140将第二新的编码点210的分辨率322设定为等于正好低于优化的镜头编码点320的分辨率322的分辨率。迭代控制器142将第二新的编码点210的QP值324设定为由视频编解码器所允许的最小QP值。

[0113] 迭代控制器140然后标识沿着凸包350位于右侧并与优化的镜头编码点320相邻的“右侧”镜头编码点320。如果右侧镜头编码点320具有与优化的镜头编码点320相同的分辨率322,则迭代控制器140生成具有分辨率322的新的编码点210。迭代控制器140将新的编码点的QP值324设定为等于优化的镜头编码点320和右侧镜头编码点320的QP值324的平均值。

[0114] 然而,如果右侧镜头编码点320不具有与优化的镜头编码点320相同的分辨率322,则迭代控制器140生成两个新的编码点210。迭代控制器140将第一新的编码点210的分辨率322设定为等于优化的镜头编码点320的分辨率322。迭代控制器140将第一新的编码点210的QP值324设定为优化的镜头编码点320的QP值324和由视频编解码器所允许的最小QP值的平均值。迭代控制器140将第二新的编码点210的分辨率322设定为等于正好高于优化的镜头编码点320的分辨率322的分辨率。迭代控制器140将第二新的编码点210的QP值324设定为由视频编解码器所允许的最大QP值。

[0115] 编码点操作710描绘由迭代控制器140执行的示例性操作。如所示,优化的镜头编码点320(1)具有 $640 \times 360$ 的分辨率322(1)和26的QP值324(1)。左侧镜头编码点320(0)具有 $640 \times 360$ 的分辨率322(0)和51的QP值324(0)。因此,迭代控制器140将新的编码点220(6)、220(7)和220(8)添加到编码列表210(0)(在编码列表210(0)中已经有六个条目)。编码点220(6)具有 $640 \times 360$ 的分辨率322(6)和 $(51+26)/2=39$ 的QP值324(6)。编码点220(7)具有 $640 \times 360$ 的分辨率322(7)和 $(26+1)/2=14$ 的QP值324(7)。编码点220(8)具有 $960 \times 540$ 的分辨率322(8)和 $(26+51)/2=39$ 的QP值324(8)。

[0116] 在替代实施方式中,迭代控制器140可以实现任何数量和类型的算法来选择新的编码点220。例如,在一些实施方式中,迭代控制器140不限制基于凸包250对附加编码点220的搜索。替代地,迭代控制器140在所有可用的分辨率当中将搜索扩展到优化的镜头编码点320的左侧,以标识具有最接近但低于优化的镜头编码点320的分辨率322的分辨率322和刚好低于优化的镜头编码点320的比特率324的比特率324的镜头编码点320。迭代控制器140然后生成新的编码点220,所述新的编码点220具有所标识的镜头编码点320的分辨率322和作为所选择的镜头编码点320的QP值324及相同分辨率322下的QP值324和略低的QP值324的平均值的QP值324。

[0117] 以互补的方式,迭代控制器140在所有可用的分辨率当中将搜索扩展到优化的镜

头编码点320的右侧,以标识具有最接近但高于优化的镜头编码点320的分辨率322的分辨率322和刚好高于优化的镜头编码点320的比特率324的比特率324的镜头编码点320。迭代控制器140然后生成新的编码点220,所述新的编码点220具有所标识的镜头编码点320的分辨率322和作为所选择的镜头编码点320的QP值324及相同分辨率322下的QP值和略高的QP值324之间的平均值的QP值。

[0118] 对于镜头序列132 (x) 中的每一个,在针对镜头序列132 (x) 标识任何新的编码点220之后,迭代控制器140丢弃已经被包括在与镜头序列132 (x) 相关联的编码列表210 (x) 中的新的编码点220中的任一个。迭代控制器140然后将与镜头序列132 (x) 相关联的任何剩余的新的编码点220 (x) 添加到编码列表210 (x)。如果迭代控制器140将任何新的编码点220添加到编码列表210中的任一个,则迭代控制器140配置动态优化器150以基于经更新的编码列表210重新执行。然而,如果迭代控制器140未将任何新的编码点220添加到编码列表210中的任一个,则迭代控制器140确定迭代控制器140已收敛到具有与目标度量值170最佳匹配的编码视频序列386的优化的视频编码点380。因此,迭代控制器140将优化的视频序列180设定为等于被包括在优化的视频编码点380中的编码视频序列386。

[0119] 在替代实施方式中,迭代控制器140可以以任何技术上可行的方式确定迭代控制器140已收敛到具有与目标度量值170充分地匹配的编码视频序列386的优化的视频编码点380。例如,在一些实施方式中,当总迭代次数等于最大迭代配置参数(例如,5次迭代)时,迭代控制器140可以停止迭代(例如,重新执行动态优化器150)。在其他实施方式中,迭代控制器140可以测量在每次迭代时获得的改进并且在改进小于改进配置参数(例如,1%)之后停止迭代。在仍然其他的实施方式中,迭代控制器140可以跟踪由迭代编码应用120所消费的处理器资源的量并且在处理器资源的量高于处理器极限配置参数之后停止迭代。

[0120] 在确定优化的视频序列180之后,迭代控制器140以任何技术上可行的方式将优化的视频序列180发送到CDN 190。在替代实施方式中,迭代控制器140可以将被包括在优化的视频编码点380中的编码视频序列386周期性地发送到CDN 190。以这种方式,迭代控制器140使得端点设备能够在迭代控制器140继续迭代的同时显示媒体标题。

[0121] 图8是根据本发明的各种实施方式的图1的优化的编码视频序列180的更详细图示。有利地,迭代编码应用120基于目标度量值170来优化被包括在优化的编码视频序列180中的编码镜头序列326中的每一个。

[0122] 如所示,优化的编码视频序列180包括从镜头序列122 (0) 的960×540版本导出并且在40的QP值下编码的编码镜头序列326,后面是从镜头序列122 (1) 的640×360版本导出并且在11的QP值下编码的编码镜头序列326,后面是从镜头序列122 (2) 的1280×720版本导出并且在47的QP值下编码的编码镜头序列326等。

[0123] 图9A和图9B阐述根据本发明的各种实施方式的用于对源视频序列进行编码的方法步骤的流程图。尽管参考图1至图8的系统对方法步骤进行描述,然而本领域的技术人员应理解的是,被配置为以任何顺序实现方法步骤的任何系统落入本发明的范围内。

[0124] 如所示,方法900从步骤902开始,其中镜头分析器130将源视频序列122划分成镜头序列132。在步骤904处,对于镜头序列132中的每一个,迭代控制器140生成编码列表210。被包括在编码列表210中的编码点220中的每一个均包括分辨率322和QP值324。在替代实施方式中,代替或者除了QP值324之外,编码点220中的每一个均还可以指定任何数量和类型

的编码参数。

[0125] 在步骤906处,对于编码列表210中的每一个,动态优化器150标识新的编码点220并且生成所对应的编码镜头序列326。在步骤908处,对于新的编码镜头序列326中的每一个,动态优化器150计算比特率332、质量分数334和失真水平336。随后,动态优化器150生成新的镜头编码点320,其包括但不限于编码镜头序列326、分辨率322、QP值324、比特率332、质量分数334、失真水平336。

[0126] 在步骤910处,对于镜头序列132和分辨率322的每个置换,凸包生成器340基于所对应的镜头编码点320来生成所关联的失真曲线450。在步骤912处,对于镜头序列132(x)中的每一个,凸包生成器340基于所关联的失真曲线450来生成凸包350(x)。在步骤914处,网格迭代器360基于凸包350来生成序列网格370。在步骤916处,网格迭代器360迭代地提升序列网格370以生成编码视频序列386和所关联的视频编码点380。在步骤918处,网格迭代器360基于视频编码点380来生成全局凸包290。

[0127] 在步骤920处,迭代控制器140基于全局凸包290和目标度量值170来选择优化的视频编码点380。在步骤922处,对于镜头序列132中的每一个,迭代控制器140基于被包括在最佳的视频编码点380中的镜头编码序列382来选择优化的镜头编码点320。在步骤924处,对于镜头序列232(x)中的每一个,迭代控制器140基于凸包350(x)和与镜头序列232(x)相关联的优化的镜头编码点320来生成新的编码点220。在步骤926处,迭代控制器140确定是否存在任何新的编码点220。如果在步骤926处,迭代控制器140确定存在新的编码点220,则方法900返回步骤960,其中动态优化器150针对新的编码点220生成新的编码镜头序列326。

[0128] 然而,如果在步骤926处,迭代控制器140确定不存在新的编码点220,则方法900进行到步骤928。在步骤928处,迭代控制器140将优化的编码视频序列180设定为等于被包括在优化的视频编码点380中的编码视频序列386。在步骤930处,迭代控制器140将优化的编码视频序列180发送到内容递送网络190以便流式传输到端点设备。方法900然后终止。

[0129] 总之,所公开的技术使得能实现基于目标度量值对源视频序列的高效和最佳编码。迭代编码应用包括但不限于镜头分析器、迭代控制器和动态优化器。首先镜头分析器将源视频序列划分成多个镜头序列。随后,对于每个镜头序列,迭代控制器初始化编码列表以包括相对稀疏地分布的编码点。每个编码点指定分辨率和量化参数(QP)。迭代控制器然后配置动态优化器以基于编码列表来生成全局凸包。

[0130] 首先,动态优化器基于被包括在编码列表中的新的编码点来生成新的镜头编码点。“新的”编码点是动态优化器先前尚未生成关联的编码镜头序列的编码点。每个镜头编码点包括但不限于编码镜头序列、分辨率、QP值、质量分数、失真水平和比特率。随后,对于每个镜头序列,动态优化器生成包括与镜头序列相关联的镜头编码点的子集的凸包。通常,对于给定镜头序列,被包括在所关联的凸包中的镜头编码点针对不同的失真水平使比特率最大化。

[0131] 动态优化器然后跨所有镜头序列评估凸包以确定镜头编码序列。每个镜头编码序列为不同的镜头序列指定镜头编码点。对于每个镜头编码序列,动态优化器聚合被包括在镜头编码点中的不同的编码镜头序列以生成编码视频序列。对于每个镜头编码序列,动态优化器然后生成视频编码点,其包括镜头编码序列、所关联的编码视频序列、编码镜头序列的总比特率以及编码镜头序列的总失真水平。随后,动态优化器基于视频编码点来生成全

局凸包。通常,对于源视频序列,被包括在全局凸包中的视频编码点中的每一个针对不同的总失真水平使总比特率最小化。

[0132] 迭代控制器基于目标度量值(例如,比特率或质量分数)从全局凸包中选择优化的视频编码点。对于每个镜头序列,优化的视频编码点指定优化的镜头编码点。对于每个镜头序列,迭代控制器沿着所关联的凸包评估优化的镜头编码点的位置以标识一个或多个附近的镜头编码。基于优化的镜头编码点和附近的镜头编码点的分辨率和QP值,迭代控制器可以针对镜头序列生成任何数量的新的编码点。如果迭代控制器标识任何新的编码点,则迭代控制器配置动态优化器以基于编码点的扩展集来生成新的全局凸包。

[0133] 然而,如果迭代控制器未标识任何新的编码点,则迭代控制器选择被包括在优化的视频编码点中的编码视频序列作为优化的编码视频序列。最后,迭代控制器将优化的编码视频序列发送到内容递送网络以便分发给端点设备。

[0134] 所公开的技术相对于现有技术的至少一个技术改进是迭代地收敛到包括单独地编码的镜头序列的优化的编码视频序列降低通常与常规的编码技术相关联的编码低效率。这样的编码低效率不仅不必要地浪费计算和存储资源,这些类型的低效率还不必要地增加将媒体标题的编码版本流式传输到端点设备所需要的带宽。

[0135] 1. 在一些实施方式中,一种计算机实现的方法包括:基于第一组编码点和被包括在与媒体标题相关联的源视频序列中的第一镜头序列来生成第一组镜头编码点,其中,每个镜头编码点与不同的编码镜头序列相关联;跨所述第一组镜头编码点执行一个或多个凸包操作以生成与所述第一镜头序列相关联的第一凸包;基于所述第一凸包和与被包括在所述源视频序列中的第二镜头序列相关联的第二凸包来生成多个编码视频序列;基于所述多个编码视频序列和针对第一视频度量的目标值来计算未被包括在所述第一组编码点中的第一编码点;以及基于所述第一编码点来生成优化的编码视频序列,其中,所述优化的编码视频序列的至少一部分随后在所述媒体标题的回放期间被流式传输到端点设备。

[0136] 2. 根据条款1所述的计算机实现的方法,其中,生成所述优化的编码视频序列包括:基于所述第一镜头序列和所述第一编码点来生成第一编码镜头序列;基于所述第二镜头序列和不等于所述第一编码点的第二编码点来生成第二编码镜头序列;以及聚合所述第一编码镜头序列和所述第二编码镜头序列。

[0137] 3. 根据条款1或2所述的计算机实现的方法,其中,执行所述一个或多个凸包操作包括:确定包括所述第一组镜头编码点的区域;标识所述区域的边界,其中,被包括在所述第一组镜头编码点中的镜头编码点不位于所述边界的第一侧;以及丢弃被包括在所述第一组镜头编码点中的不沿着所述边界定位的任何镜头编码点以生成所述第一凸包。

[0138] 4. 根据条款1至3中的任一项所述的计算机实现的方法,其中,生成所述多个编码视频序列包括:计算第一镜头编码点与第二镜头编码点之间的第一斜率值,其中,所述第一镜头编码点和所述第二镜头编码点都被包括在所述第一凸包中;基于所述第一斜率值来选择与所述第二镜头编码点相关联的第一编码镜头序列;以及将所述第一编码镜头序列与所述第二编码镜头序列聚合以生成第一编码视频序列,其中,所述第二编码镜头序列与被包括在所述第二凸包中的第三镜头编码点相关联。

[0139] 5. 根据条款1至4中的任一项所述的计算机实现的方法,其中,计算所述第一编码点包括:基于所述多个编码视频序列来生成全局凸包,其中,所述全局凸包包括第一组视频

编码点；基于所述目标值来选择被包括在所述第一组视频编码点中的第一视频编码点；以及基于所述第一视频编码点和所述第一凸包来确定所述第一编码点。

[0140] 6. 根据条款1至5中的任一项所述的计算机实现的方法，其中，计算所述第一编码点包括：基于所述目标值来标识被包括在所述多个编码视频序列中的第一编码视频序列；标识与所述第一编码视频序列相关联并且被包括在所述第一凸包中的第一镜头编码点；基于所述第一镜头编码点与所述第二镜头编码点之间的距离来标识被包括在所述第一凸包中的第二镜头编码点；以及基于所述第一镜头编码点和所述第二镜头编码点来执行至少一个算术运算。

[0141] 7. 根据条款1至6中的任一项所述的计算机实现的方法，其中，执行所述至少一个算术运算包括：计算编码参数的第一值和所述编码参数的第二值的平均值，并且其中，所述编码参数的所述第一值与所述第一镜头编码点相关联并且所述编码参数的所述第二值与所述第二镜头编码点相关联。

[0142] 8. 根据条款1至7中的任一项所述的计算机实现的方法，其中，计算所述第一编码点包括：基于所述目标值来标识被包括在所述多个编码视频序列中的第一编码视频序列；标识与所述第一编码视频序列相关联并且被包括在所述第一凸包中的第一镜头编码点；基于所述第一镜头编码点与所述第二镜头编码点之间的距离来标识被包括在所述第一凸包中的第二镜头编码点；确定与所述第一镜头编码点相关联的第一分辨率不等于与所述第二镜头编码点相关联的第二分辨率；基于所述第一分辨率和所述第二分辨率来将编码参数的端点值设定为等于所述编码参数的最大值或所述编码参数的最小值；以及在与所述第一镜头编码点相关联的所述编码参数的第一值与所述编码参数的所述端点值之间执行至少一个算术运算。

[0143] 9. 根据条款1至8中的任一项所述的计算机实现的方法，其中，所述第一视频度量包括比特率、峰值信噪比 (PSNR)、线性视频多方法评估融合 (VMAF) 度量、谐波VMAF (VMAFh) 度量或失真度量。

[0144] 10. 在一些实施方式中，一种计算机可读存储介质包括指令，所述指令当由处理器执行时，使所述处理器执行以下步骤：基于第一组编码点和被包括在与媒体标题相关联的源视频序列中的第一镜头序列来生成第一组镜头编码点，其中，每个镜头编码点与不同的编码镜头序列相关联；跨所述第一组镜头编码点执行一个或多个凸包操作以生成与所述第一镜头序列相关联的第一凸包；基于所述第一凸包和与被包括在所述源视频序列中的第二镜头序列相关联的第二凸包来生成全局凸包；基于针对第一视频度量的目标值、所述全局凸包和所述第一凸包来计算未被包括在所述第一组编码点中的第一编码点；以及基于所述第一编码点来生成优化的编码视频序列，其中，所述优化的编码视频序列的至少一部分随后在所述媒体标题的回放期间被流式传输到端点设备。

[0145] 11. 根据条款10所述的计算机可读存储介质，其中，生成所述优化的编码视频序列包括：基于所述第一镜头序列和所述第一编码点来生成第一编码镜头序列；基于所述第二镜头序列和不等于所述第一编码点的第二编码点来生成第二编码镜头序列；以及聚合所述第一编码镜头序列和所述第二编码镜头序列。

[0146] 12. 根据条款10或11所述的计算机可读存储介质，其中，执行所述一个或多个凸包操作包括：确定包括所述第一组镜头编码点的区域；标识所述区域的边界，其中，被包括在

所述第一组镜头编码点中的镜头编码点不位于所述边界的第一侧；以及丢弃被包括在所述第一组镜头编码点中的不沿着所述边界定位的任何镜头编码点以生成所述第一凸包。

[0147] 13. 根据条款10至12中的任一项所述的计算机可读存储介质，其中，被包括在所述第一凸包中的每个镜头编码点与比特率和用于失真度量或视觉质量度量的值相关联。

[0148] 14. 根据条款10至13中的任一项所述的计算机可读存储介质，其中，生成所述全局凸包包括：计算第一镜头编码点与第二镜头编码点之间的第一斜率值，其中，所述第一镜头编码点和所述第二镜头编码点都被包括在所述第一凸包中；基于所述第一斜率值来选择与所述第二镜头编码点相关联的第一编码镜头序列；将所述第一编码镜头序列与所述第二编码镜头序列聚合以生成第一编码视频序列，其中，所述第二编码镜头序列与被包括在所述第二凸包中的第三镜头编码点相关联；基于所述第一编码视频序列来生成第一视频编码点；以及将所述第一视频编码点添加到部分全局凸包以生成所述全局凸包。

[0149] 15. 根据条款10至14中的任一项所述的计算机可读存储介质，其中，计算所述第一编码点包括：基于所述目标值来选择被包括在所述全局凸包中的第一视频编码点；并且基于所述第一视频编码点来选择被包括在所述第一凸包中的第一镜头编码点；基于所述第一镜头编码点与所述第二镜头编码点之间的距离来标识被包括在所述第一凸包中的第二镜头编码点；以及基于所述第一镜头编码点和所述第二镜头编码点来执行至少一个算术运算。

[0150] 16. 根据条款10至15中的任一项所述的计算机可读存储介质，其中，执行所述至少一个算术运算包括：计算与所述第一镜头编码点相关联的第一分辨率和与所述第二镜头编码点相关联的第二分辨率的平均值。

[0151] 17. 根据条款10至16中的任一项所述的计算机可读存储介质，其中，计算所述第一编码点包括：基于所述目标值来选择被包括在所述全局凸包中的第一视频编码点；并且基于所述第一视频编码点来选择被包括在所述第一凸包中的第一镜头编码点；基于所述第一镜头编码点与所述第二镜头编码点之间的距离来标识被包括在所述第一凸包中的第二镜头编码点；确定与所述第一镜头编码点相关联的第一分辨率不等于与所述第二镜头编码点相关联的第二分辨率；基于所述第一分辨率和所述第二分辨率来将编码参数的端点值设定为等于所述编码参数的最大值或所述编码参数的最小值；以及在与所述第一镜头编码点相关联的所述编码参数的第一值与所述编码参数的所述端点值之间执行至少一个算术运算。

[0152] 18. 根据条款10至17中的任一项所述的计算机可读存储介质，其中，所述第一编码点指定分辨率和编码参数中的至少一个。

[0153] 19. 在一些实施方式中，一种系统包括：存储器，所述存储器存储指令；以及处理器，所述处理器耦合到所述存储器，并且，当执行所述指令时，被配置为：将与媒体标题相关联的视频序列划分成多个帧集；基于第一组编码点和被包括在所述多个帧集中的第一帧集来生成第一组镜头编码点，其中，每个镜头编码点与不同的编码帧集相关联；跨所述第一组镜头编码点执行一个或多个凸包操作以生成与所述第一帧集相关联的第一凸包；基于所述第一凸包和与被包括在所述多个帧集中的第二帧集相关联的第二凸包来生成多个编码视频序列；基于所述多个编码视频序列和针对第一视频度量的目标值来计算未被包括在所述第一组编码点中的第一编码点；并且基于所述第一编码点来生成优化的编码视频序列，其中，所述优化的编码视频序列的至少一部分随后在所述媒体标题的回放期间被流式传输到

端点设备。

[0154] 20. 根据条款19所述的系统,其中,所述处理器被配置为确定通过以下步骤来生成所述优化的编码视频序列:基于所述第一帧集和所述第一编码点来生成第一编码帧集;基于所述第二帧集和不等于所述第一编码点的第二编码点来生成第二编码帧集;以及聚合所述第一编码帧集和所述第二编码帧集。

[0155] 以任何方式在本申请中描述的任何权利要求和/或任何要素中记述的任何权利要求要素的任何和所有组合落入本发明和保护的设想范围内。

[0156] 已出于图示的目的呈现了各种实施方式的描述,但是各种实施方式的描述不旨在为详尽的或者限制于所公开的实施方式。在不脱离所描述的实施方式的范围和精神的情况下,许多修改和变化对于本领域的普通技术人员而言将是显而易见的。

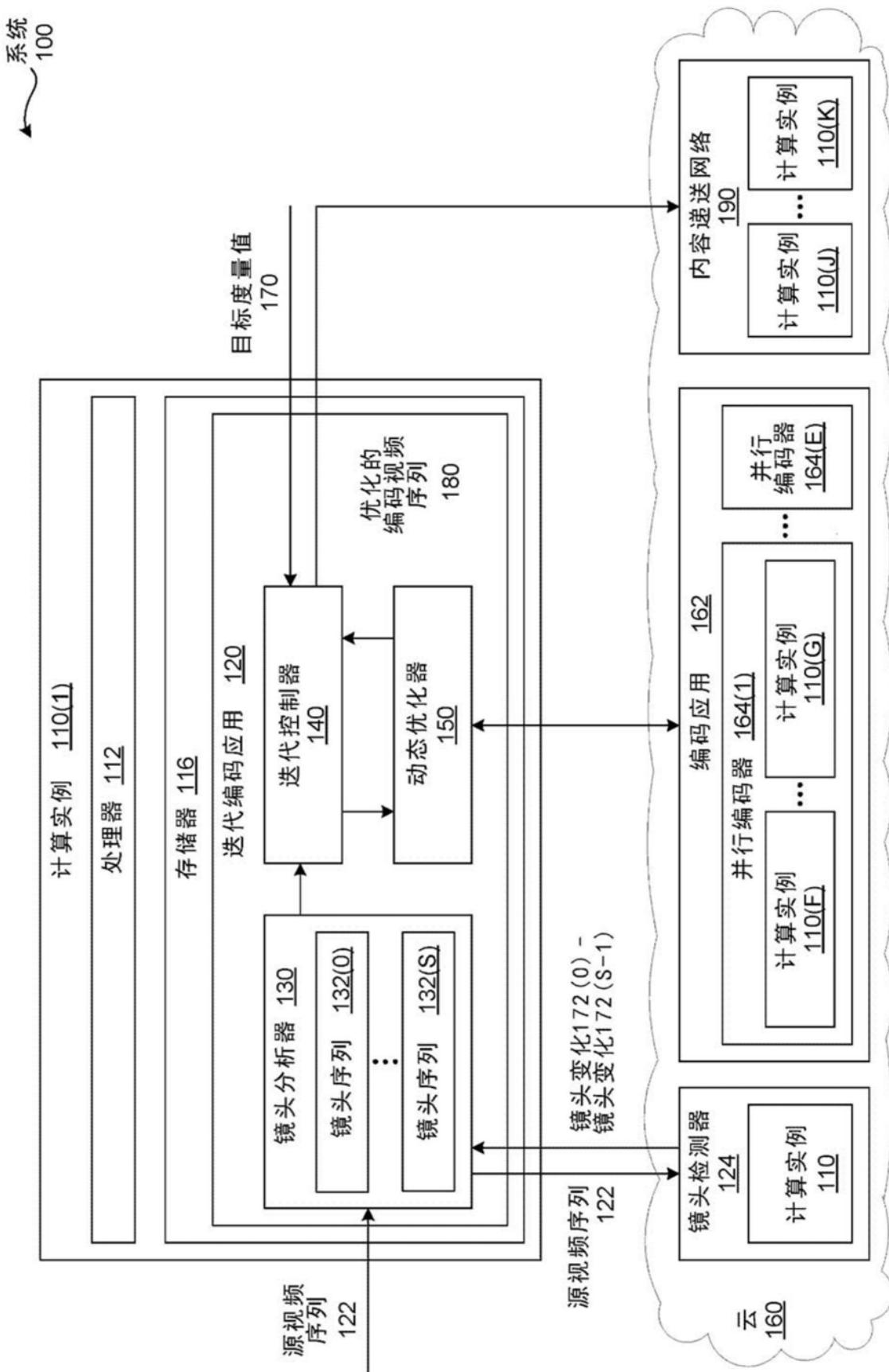
[0157] 可以将本实施方式的各方面具体实现为系统、方法或计算机程序产品。因此,本公开的各方面可以采取完全硬件实施方式、完全软件实施方式(包括固件、驻留软件、微码等)或组合软件和硬件方面的实施方式的形式,所述软件和硬件方面可以全部通常在本文中被称为“模块”或“系统”。此外,本公开的各方面可以采取具体实现在上面具体实现有计算机可读程序代码的一个或多个计算机可读介质中的计算机程序产品的形式。

[0158] 可以利用一个或多个计算机可读介质的任何组合。计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或计算机可读存储介质。计算机可读存储介质可以是例如但不限于电子、磁、光学、电磁、红外或半导体系统、装置或设备,或上述的任何适合的组合。计算机可读存储介质的更具体实施例(非详尽列表)将包括下列的:具有一条或多条电线的电连接、便携式计算机磁盘、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或闪速存储器)、光纤、便携式致密盘只读存储器(CD-ROM)、光学存储设备、磁存储设备或上述的任何适合的组合。在本文件的上下文中,计算机可读存储介质可以是任何有形介质,其可包含或者存储程序以供由指令执行系统、装置或设备使用或者连同指令执行系统、装置或设备一起使用。

[0159] 在上面参考根据本公开的实施方式的方法、装置(系统)和计算机程序产品的流程图图示和/或框图描述了本公开的各方面。应理解的是,流程图图示和/或框图的每个块以及流程图图示和/或框图中的块的组合可通过计算机程序指令来实现。可以将这些计算机程序指令提供给通用计算机、专用计算机或其他可编程数据处理装置的处理器以产生机器。指令当经由计算机或其他可编程数据处理装置的处理器执行时,使得能够实现流程图和/或一个或多个框图块中指定的功能/行为。这样的处理器可以是但不限于通用处理器、专用处理器、应用特定处理器或现场可编程门阵列。

[0160] 各图中的流程图和框图图示根据本公开的各种实施方式的系统、方法和计算机程序产品的可能的实施方式的架构、功能性和操作。在这方面,流程图或框图中的每个块可以表示代码的模块、段或部分,所述代码包括用于实现所指定的逻辑功能的一个或多个可执行指令。还应该注意的是,在一些替代实施方式中,块中指出的功能可以不按图中指出的次序发生。例如,取决于所涉及的功能性,实际上可以基本上同时地执行相继示出的两个块,或者有时可以以相反次序执行这些块。还应注意的是,框图和/或流程图图示的每个块以及框图和/或流程图图示中的块的组合可由基于专用硬件的系统来实现,所述系统执行所指定的功能或行为,或专用硬件和计算机指令的组合。

[0161] 虽然上文涉及本公开的实施方式,但是可以在不脱离本公开的基本范围的情况下设计本公开的其他及另外的实施方式,并且本公开的范围通过接着的权利要求来确定。



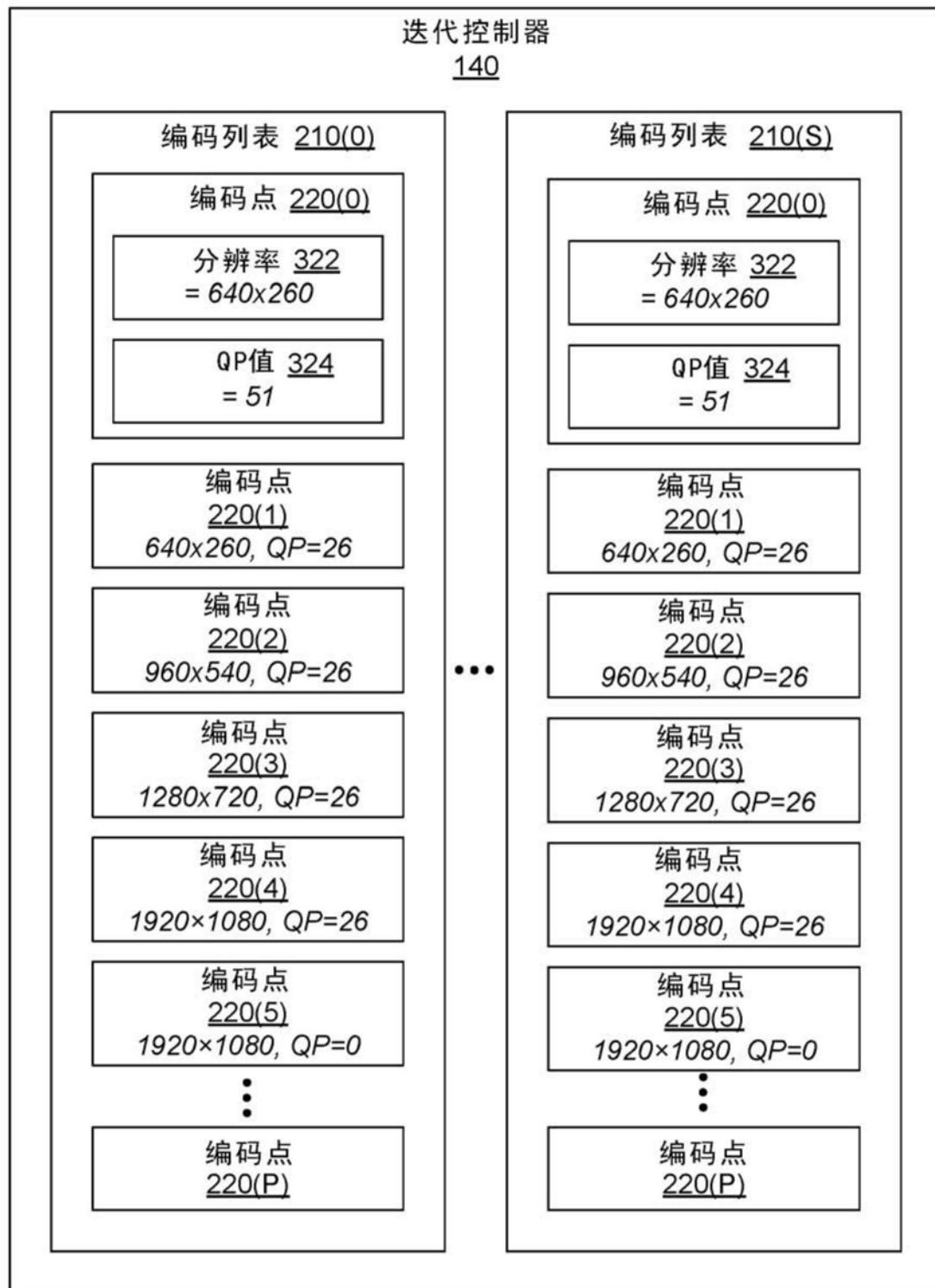


图2

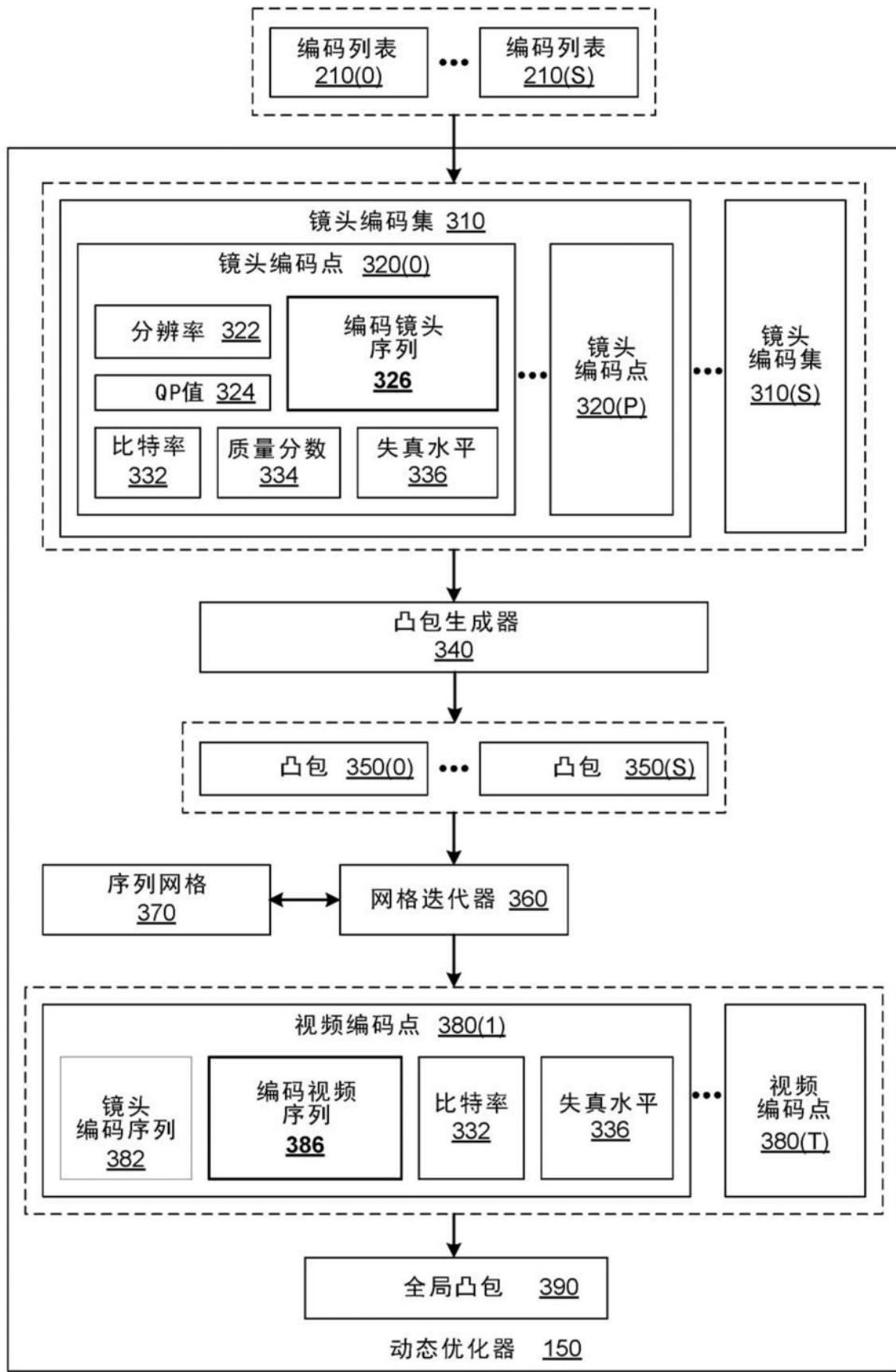


图3

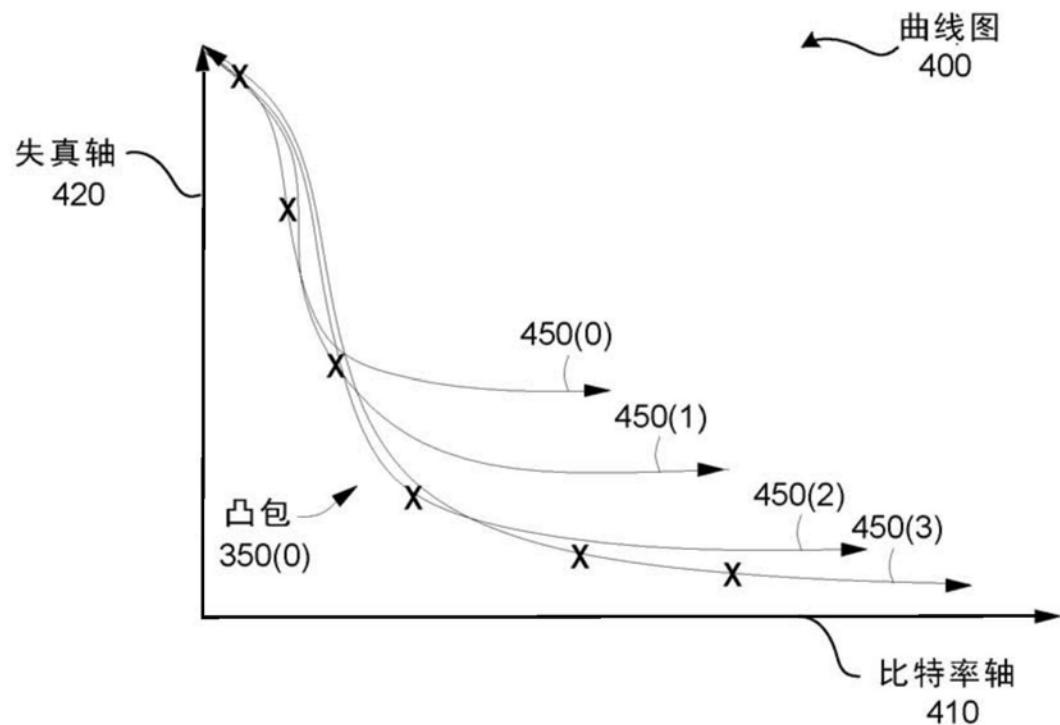


图4

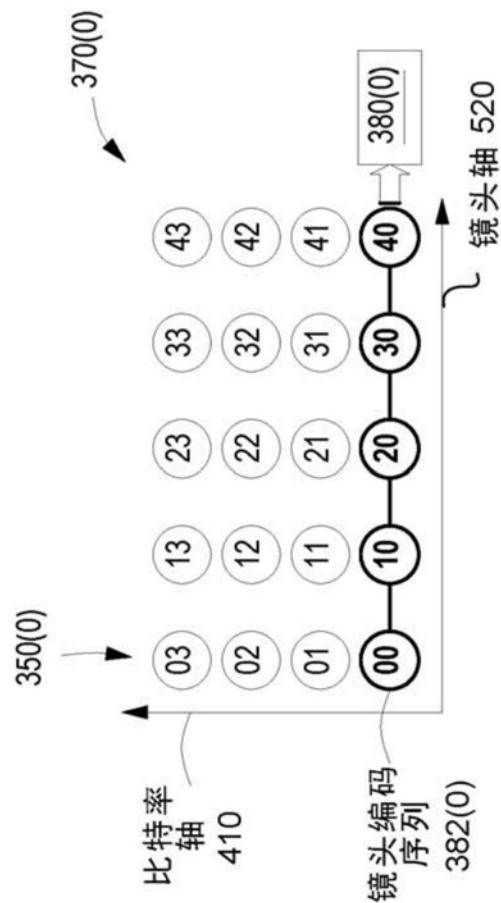


图5A

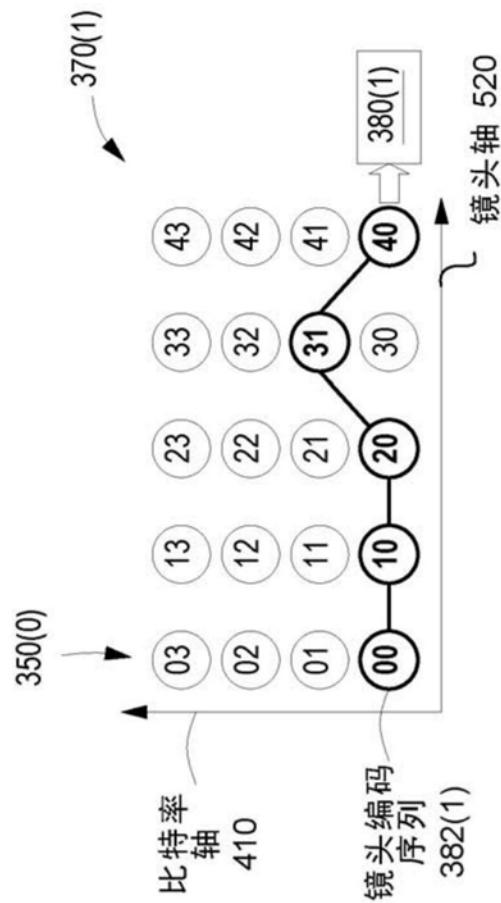


图5B

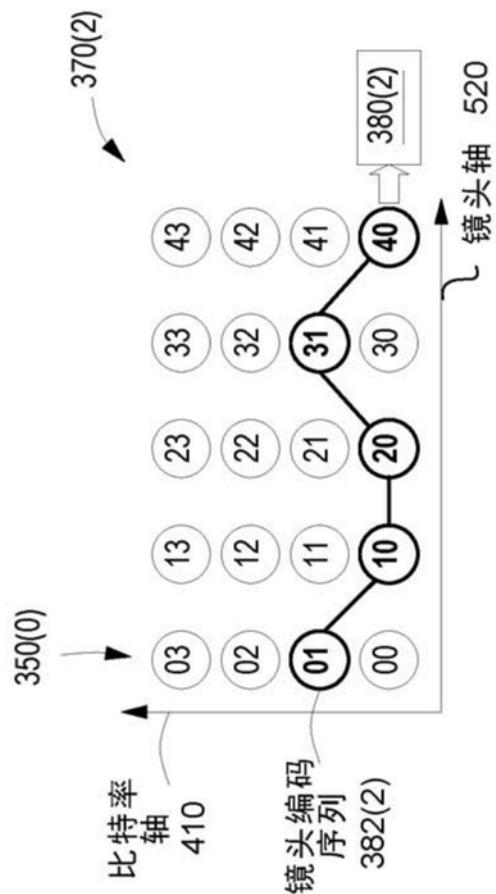


图5C

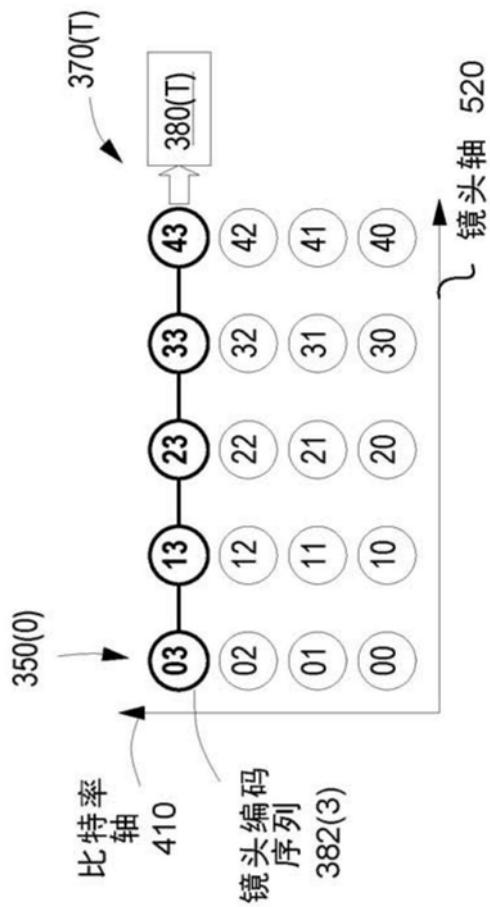
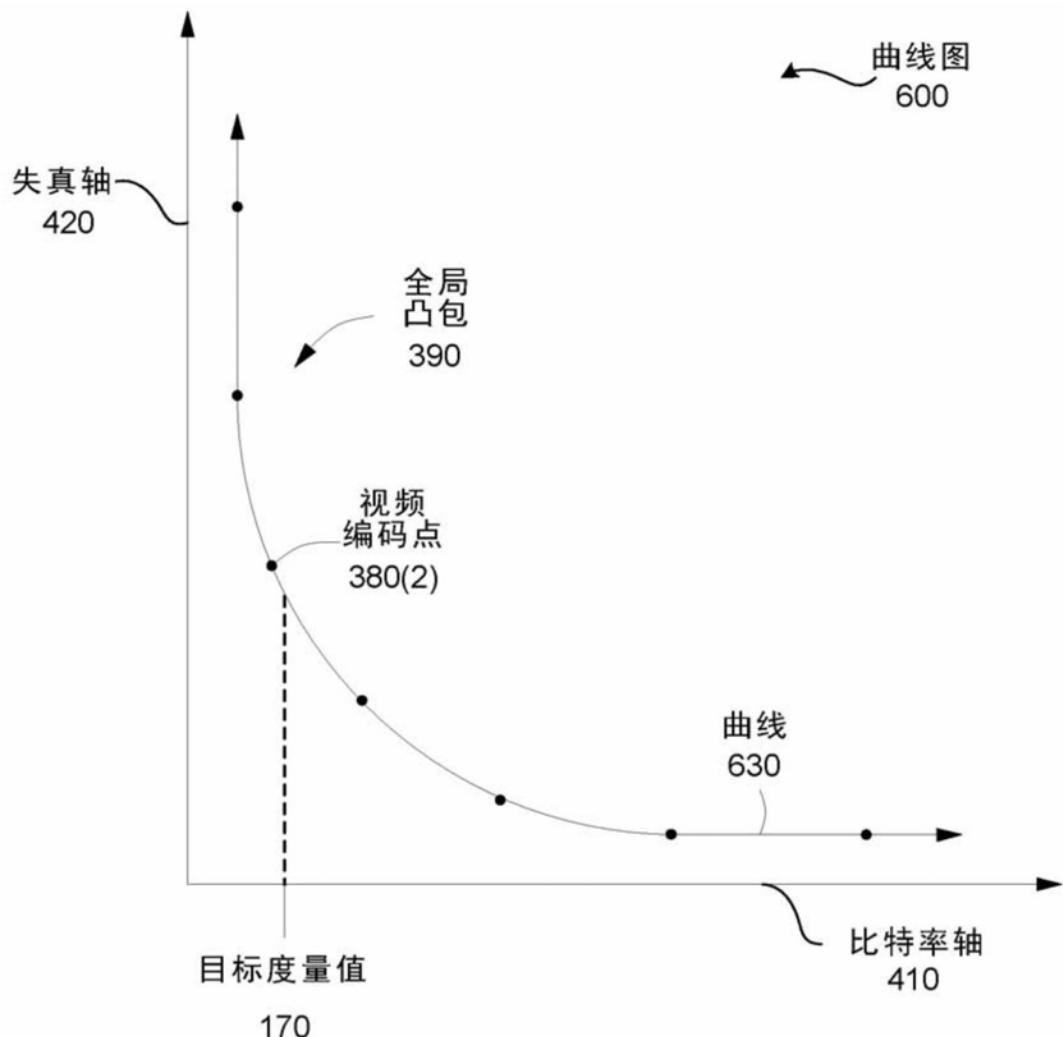


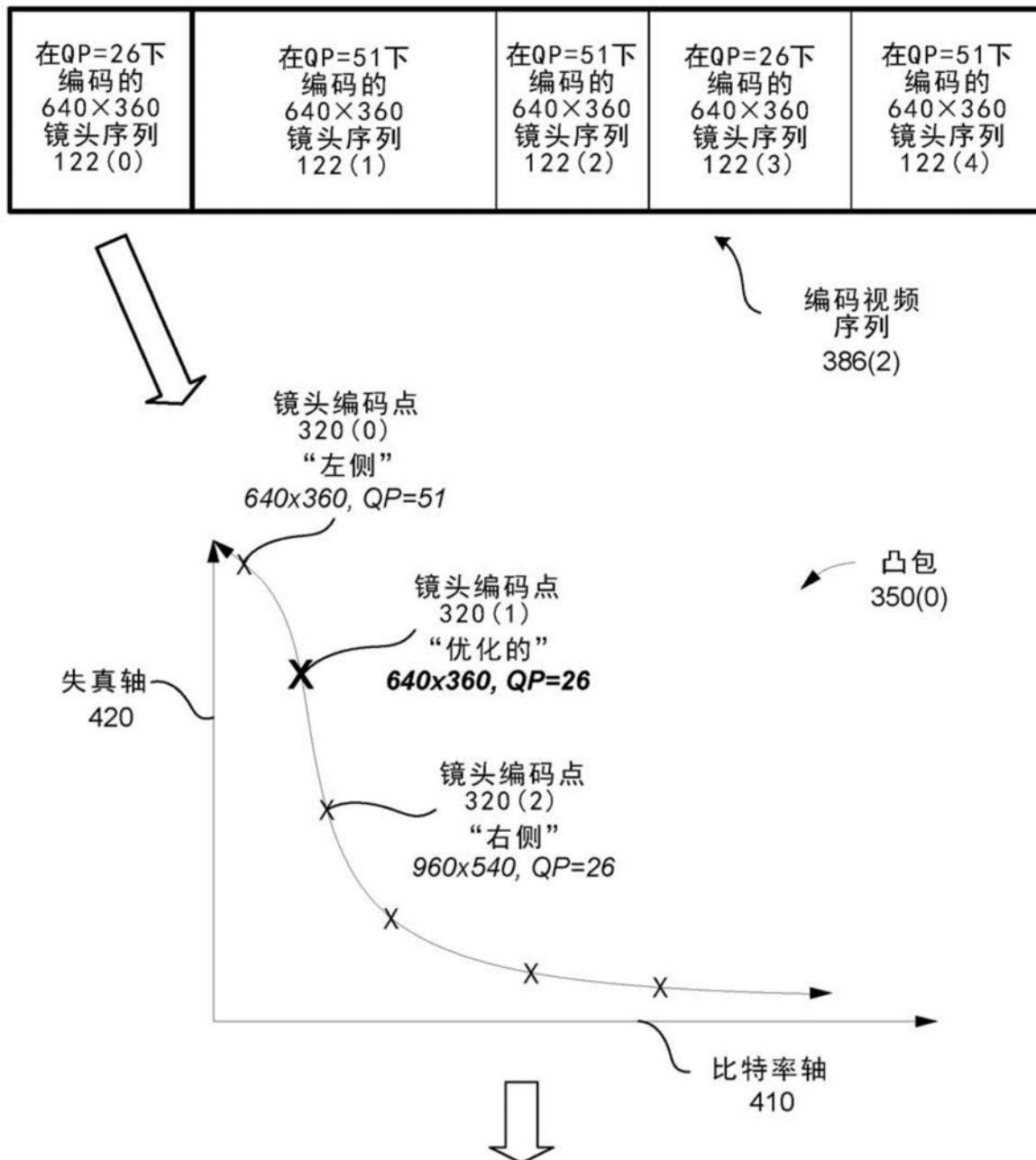
图5D



在QP=26下 编码的 640×360 镜头序列 122(0)	在QP=51下 编码的 640×360 镜头序列 122(1)	在QP=51下 编码的 640×360 镜头序列 122(2)	在QP=26下 编码的 640×360 镜头序列 122(3)	在QP=51下 编码的 640×360 镜头序列 122(4)
---	---	---	---	---

编码视频  
序列  
386(2)

图6



编码点操作  
710

在镜头编码点320(1)左侧添加到编码列表210(0)：  
针对640×360、QP=(51+26)/2=39的编码点220(6)

在镜头编码点320(1)右侧添加到编码列表210(0)：  
针对640×360、QP=(26+1)/2=14的编码点220(7)  
针对960×540、QP=(26+51)/2=39的编码点220(8)

图7

优化的 编码视频 序列			
在QP=40下 编码的 960×540 镜头序列 122(0)	在QP=41下 编码的 640×360 镜头序列 122(1)	在QP=47下 编码的 1280×720 镜头序列 122(2)	在QP=26下 编码的 960×540 镜头序列 122(3)
			在QP=2下 编码的 640×360 镜头序列 122(4)

图8

↖ 900

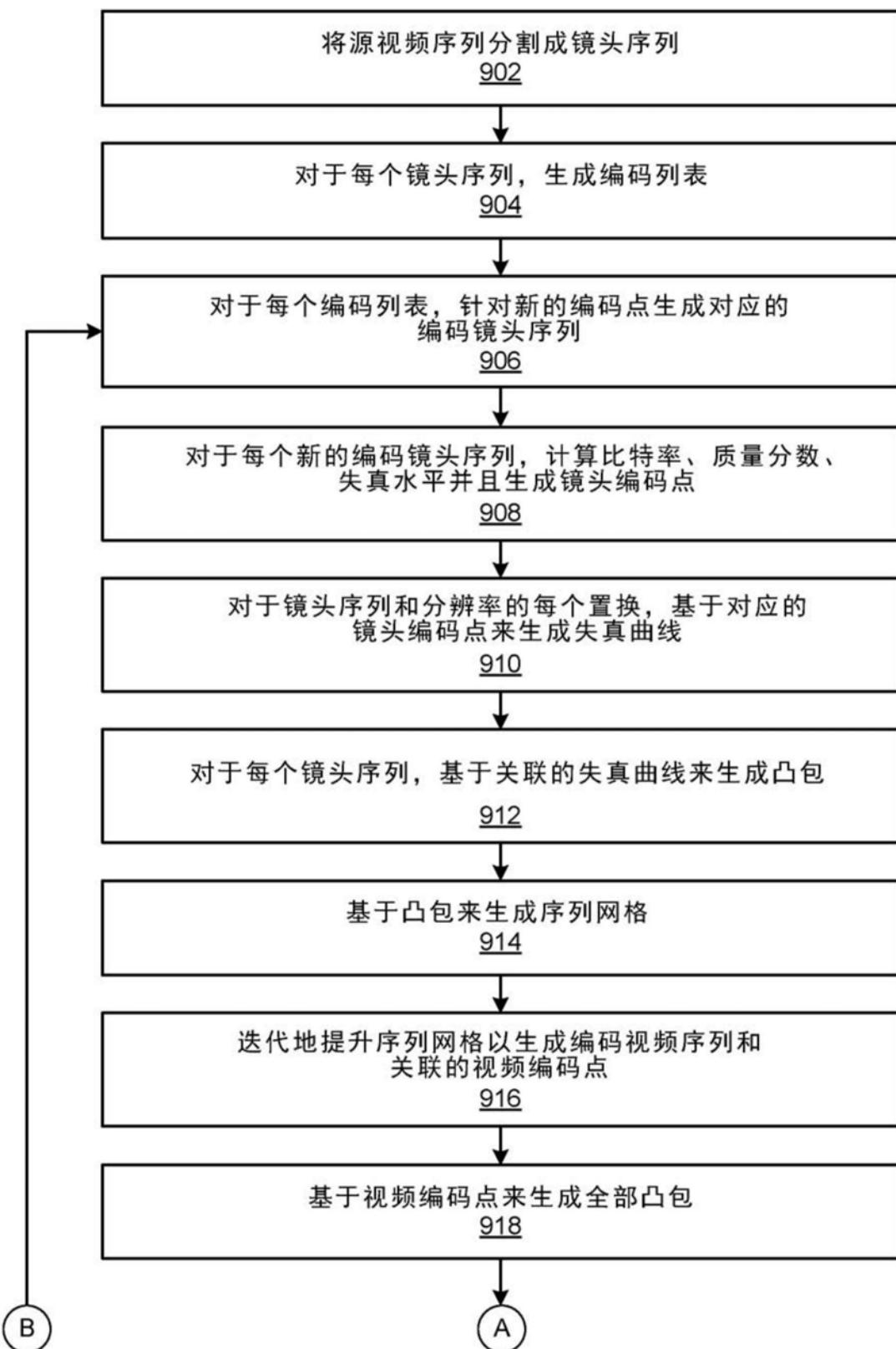


图9A

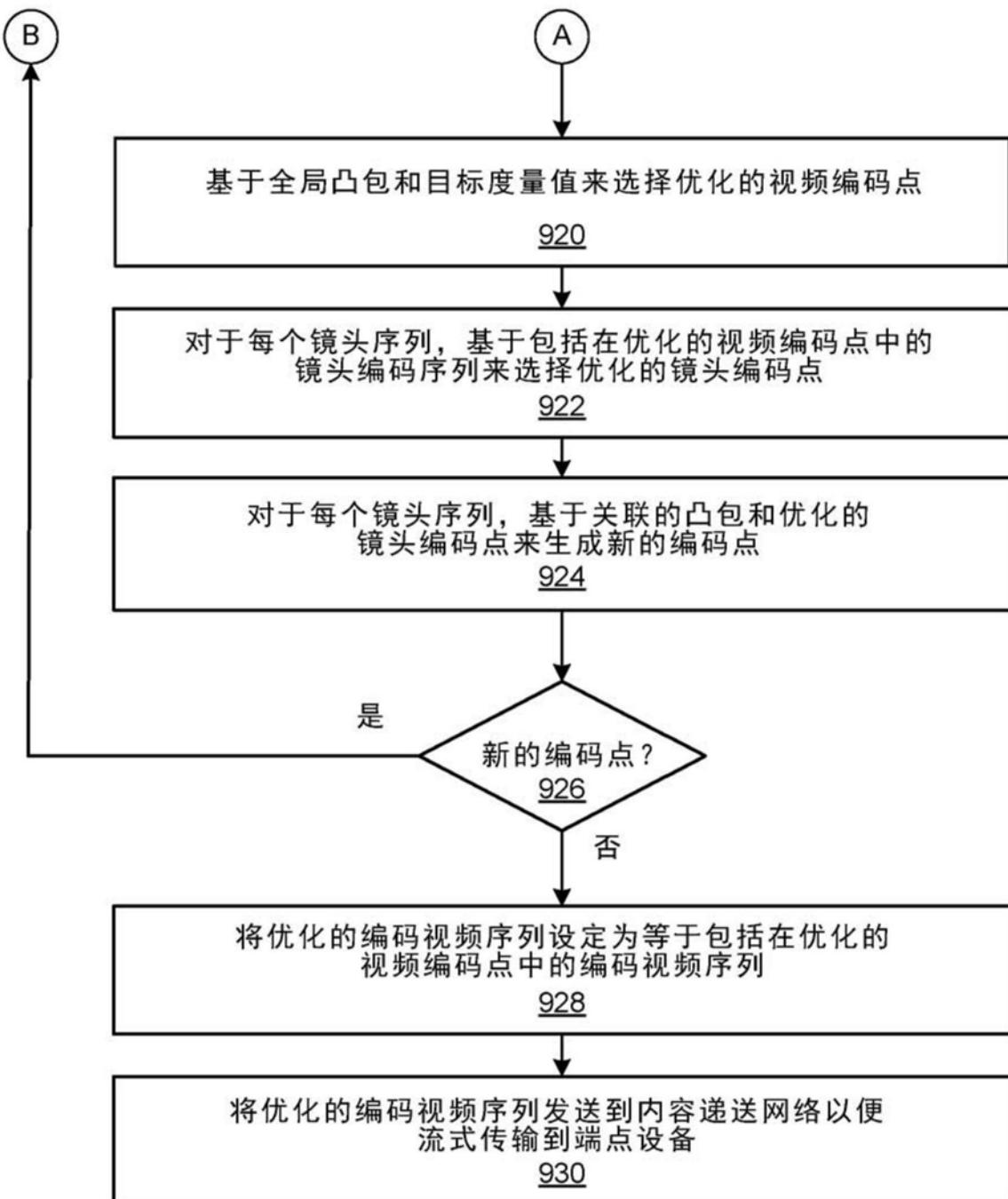


图9B