



# 国家知识产权局

250014

山东省济南市历下区经十路 17703 号华特广场 B510 室 济南圣达知  
识产权代理有限公司  
张晓鹏(0531-68605722)

发文日:

2026 年 02 月 25 日



申请号: 202610224657.9

发文序号: 2026022501835110

## 专利申请受理通知书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 43 条、第 44 条的规定,申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日等信息通知如下:

申请号: 2026102246579

申请日: 2026 年 02 月 25 日

申请人: 山东省计算中心(国家超级计算济南中心),齐鲁工业大学(山东省科学院)

发明人: 谭立状,张瑞超,史慧玲,张玮,张志远

发明创造名称: 一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法及系统

经核实,国家知识产权局确认收到文件如下:

权利要求书 1 份 2 页,权利要求项数: 10 项

说明书 1 份 5 页

说明书附图 1 份 2 页

说明书摘要 1 份 1 页

发明专利请求书 1 份 5 页

实质审查请求书 文件份数: 1 份

申请方案卷号: 2026700674

提示:

1.申请人收到专利申请受理通知书之后,认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时,可以向国家知识产权局请求更正。

2.申请人收到专利申请受理通知书之后,再向国家知识产权局办理各种手续时,均应当准确、清晰地写明申请号。

审查员: 自动受理

联系电话: 010-62356655

审查部门: 初审及流程管理部



200101  
2023.03

纸件申请,回函请寄: 100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收  
电子申请,应当通过专利业务办理系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外,以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。

# 权利要求书

1. 一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法，其特征在于，包括：  
采集链路反馈信息、视频帧到达信息及编码统计信息，对所采集信息进行窗口化统计与平滑处理以构建网络状态，并获得内容侧观测量；  
基于所述内容侧观测量得到内容动态强度并映射计算场景变化强度，同时在滑动窗口内计算语义可用度，将所述场景变化强度、语义可用度与语义年龄指标结合构建语义年龄代价量；  
基于所述语义年龄代价量分别估计逐帧模式与分段模式的预期代价，并构造判决量为两种模式预期代价之差；将所述判决量与滞后阈值比较并结合驻留约束进行稳定判决，得到当前应选模式；  
根据所述当前应选模式的结果更新分帧或分段组织与参数配置，并回转运行统计进入下一轮控制，实现闭环自适应。

2. 如权利要求1所述的一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法，其特征在于，所述场景变化强度的计算表达式为：

$$\beta_t = \Phi(x_t), \quad \Phi(x) = \frac{1}{1 + \exp(-(ax+c))}$$

其中， $x_t$ 为归一化且经平滑处理后的内容动态强度， $a$ 、 $c$ 为可调参数， $\beta_t$ 为场景变化强度。

3. 如权利要求1所述的一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法，其特征在于，所述语义可用度采用按窗口内语义负载的加权占比计算：

$$S_t = \frac{\sum_{u \in U_t} \rho_u b_u r_{u,t}}{\sum_{u \in U_t} \rho_u b_u}$$

其中， $S_t$ 为语义可用度； $\rho_u$ 为重要性权重； $b_u$ 为语义负载量； $r_{u,t}$ 为可用标志； $u$ 为语义单元； $U_t$ 为滑动窗口。

4. 如权利要求1所述的一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法，其特征在于，以语义信息新鲜度量、场景变化强度与语义可用度为输入构建语义年龄指标，其幂次分式形式：

$$AoS_t \triangleq \frac{(AoSI_t)^{1-\beta_t}}{(S_t + \varepsilon)^{\beta_t}}$$

其中， $\varepsilon$ 为稳定常数； $AoSI_t$ 为语义信息新鲜度量； $\beta_t$ 为场景变化强度； $S_t$ 为语义可用度； $AoS_t$ 为语义年龄指标。

5. 如权利要求1所述的一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法，其特征在于，所述语义年龄代价量为：

$$J_t = (1 - \beta_t) \log_e AoSI_t - \beta_t \log_e (S_t + \varepsilon)$$

其中， $J_t$ 为语义年龄代价量； $\varepsilon$ 为稳定常数； $AoSI_t$ 为语义信息新鲜度量； $\beta_t$ 为场景变化强度； $S_t$ 为语义可用度。

6. 如权利要求1所述的一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法，其特征在于，将判决量与滞后阈值进行比较并执行三分区稳定判决，具体为：

当判决量大于滞后阈值时选择逐帧模式，当判决量小于负的滞后阈值时选择分段模式，当判决量的绝对值小于等于滞后阈值时保持上一时刻模式不变。

7. 如权利要求1所述的一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法，其特征在于，所述根据所述当前应选模式的结果更新分帧或分段组织与参数配置，具体为：

当判决结果为逐帧模式时，编码与发送模块优先采用逐帧组织方式进行编码发送，以减少等待时间并强化新鲜度优势；

当判决结果为分段模式时，编码与发送模块优先采用分段组织方式，利用帧间压缩提高编码效率并维持帧序列连续性；

同时下发码率、关键帧间隔、分段长度、缓冲阈值等编码发送参数，用于进一步匹配当前网络状态与内容动态。

8. 一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制系统，其特征在于，包括：

状态观测模块，其被配置为：采集链路反馈信息、视频帧到达信息及编码统计信息，对所采集信息进行窗口化统计与平滑处理以构建网络状态，并获得内容侧观测量；

指标计算模块，其被配置为：基于所述内容侧观测量得到内容动态强度并映射计算场景变化强度，同时在滑动窗口内计算语义可用度，将所述场景变化强度、语义可用度与语义年龄指标结合构建语义年龄代价量；

决策防抖模块，其被配置为：基于所述语义年龄代价量分别估计逐帧模式与分段模式的预期代价，并构造

## 权 利 要 求 书

判决量为两种模式预期代价之差；将所述判决量与滞后阈值比较并结合驻留约束进行稳定判决，得到当前应选模式；

参数下发模块，其被配置为：根据所述当前应选模式的结果更新分帧或分段组织与参数配置，并回转运行统计进入下一轮控制，实现闭环自适应。

9. 一种电子设备，其特征在于，包括存储器和处理器以及存储在存储器上并在处理器上运行的计算机指令，所述计算机指令被处理器运行时，完成权利要求 1-7 任一项所述的以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法。

10. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，用于存储计算机指令，所述计算机指令被处理器执行时，完成权利要求 1-7 任一项所述的以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法。

## 一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于流媒体传输控制技术领域，尤其涉及一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法及系统。

### 背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本发明相关的背景技术信息，不必然构成在先技术。

[0003] 以机器为中心的流媒体传输是一类专门用于服务检测、跟踪、识别等推理任务的流媒体传输形态，其核心目标是为下游模型提供连续、可用且尽可能实时的语义信息输入。现有实现路径通常可以归纳为两类，一类以逐帧低时延传输为主，强调最新状态的快速到达；另一类以分段传输或批量组织为主，强调压缩效率与帧序列连续性保障。在带宽充足且场景变化较弱时，逐帧方式更易获得更高的新鲜度；在带宽受限或拥塞时，分段方式更易维持连续语义与稳定推理。但在动态带宽波动与场景内容剧烈变化并存的实际环境中，以现有机器为中心的流媒体传输方案仍存在不足。

[0004] （1）控制指标单一导致语义断档且缺少显式语义约束：多数自适应传输策略仍以端到端时延、排队时延或吞吐为主导指标，容易在拥塞条件下过度偏向传输最新少量帧，造成中间帧缺失与时间连续性破坏，进而引发目标丢失、轨迹断裂、事件漏检等推理不稳定现象。同时，现有机制对语义是否连续可用缺乏统一刻画与量化依据，难以将关键目标覆盖、语义断档风险等因素纳入决策，从而无法稳定保障下游推理输入质量。

[0005] （2）场景变化与切换稳定性处理不足且在线实现开销较大：一方面，不少方案主要依据网络状态做决策，未显式考虑场景变化强度的时变特性，导致在弱变化场景与强变化场景下采用同一决策逻辑，难以实现新鲜度与语义完整性的自适应权衡。另一方面，在多模式传输框架中若缺乏滞后防抖、最短驻留等稳定机制，系统容易在边界区域频繁切换，造成编码参数与缓冲策略震荡并放大推理端抖动。

### 发明内容

[0006] 为克服上述现有技术的不足，本发明提出了一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法及系统，兼顾新鲜度与语义完整性以解决面向检测、跟踪、事件识别等以机器为中心的推理任务在无线带宽受限或波动环境下的稳定传输需求，能够联合感知网络状态与场景变化强度，提供统一的控制依据与稳定的模式选择机制，在满足实时性的同时减少语义断档并提升连续推理能力。

[0007] 为实现上述目的，本发明的一个或多个实施例提供了如下技术方案：

第一方面，本发明公开了一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法，包括：

采集链路反馈信息、视频帧到达信息及编码统计信息，对所采集信息进行窗口化统计与平滑处理以构建网络状态，并获得内容侧观测量；

基于所述内容侧观测量得到内容动态强度并映射计算场景变化强度，同时在滑动窗口内计算语义可用度，将所述场景变化强度、语义可用度与语义年龄指标结合构建语义年龄代价量；

基于所述语义年龄代价量分别估计逐帧模式与分段模式的预期代价，并构造判决量为两种模式预期代价之差；将所述判决量与滞后阈值比较并结合驻留约束进行稳定判决，得到当前应选模式；

根据所述当前应选模式的结果更新分帧或分段组织与参数配置，并回转运行统计进入下一轮控制，实现闭环自适应。

[0008] 第二方面，本发明公开了一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制系统，包括：

状态观测模块，其被配置为：采集链路反馈信息、视频帧到达信息及编码统计信息，对所采集信息进行窗口化统计与平滑处理以构建网络状态，并获得内容侧观测量；

指标计算模块，其被配置为：基于所述内容侧观测量得到内容动态强度并映射计算场景变化强度，同时在滑动窗口内计算语义可用度，将所述场景变化强度、语义可用度与语义年龄指标结合构建语义年龄代价量；

决策防抖模块，其被配置为：基于所述语义年龄代价量分别估计逐帧模式与分段模式的预期代价，并构造判决量为两种模式预期代价之差；将所述判决量与滞后阈值比较并结合驻留约束进行稳定判决，得到当前应选模式；

参数下发模块，其被配置为：根据所述当前应选模式的结果更新分帧或分段组织与参数配置，并回转运行统计进入下一轮控制，实现闭环自适应。

[0009] 第三方面，本发明公开了一种电子设备，包括存储器和处理器以及存储在存储器上并在处理器上运行的计算机指令，所述计算机指令被处理器运行时，完成上述以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法的步骤。

[0010] 第四方面，本发明公开了一种计算机可读存储介质，用于存储计算机指令，所述计算机指令被处理

# 说明书

器执行时，完成上述以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法的步骤。

**[0011]** 与现有技术相比，本发明的有益效果为：

本发明通过提出语义年龄指标并以语义信息新鲜度量为基础，将新鲜度与语义可用完整性统一纳入同一可计算度量，并由场景变化强度自适应调节权重，使系统能够随内容动态自动调整优化侧重点，降低语义断档风险；同时，采用语义年龄代价驱动的帧段自适应控制并引入滞后防抖及可选驻留约束，抑制边界附近频繁切换，降低编码与缓冲策略震荡，从而提升下游推理任务的连续性与稳定性；此外，通过查表或轻量预测模型估计候选模式代价，降低在线计算与实现开销，满足实时控制需求，并支持扩展到关键帧与语义增量联合传输以及低带宽应急语义等模式以增强系统鲁棒性。

**[0012]** 本发明附加方面的优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

## 附图说明

**[0013]** 构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。

**[0014]** 图 1 为本发明实施例一中所述的以机器为中心的流媒体帧段自适应控制应用场景示意图。

**[0015]** 图 2 为本发明实施例一中所述的以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法流程图。

**[0016]** 图 3 为本发明实施例一中所述的以机器为中心的流媒体帧段自适应控制候选代价查找表示意图。

**[0017]** 图 4 为本发明实施例一中所述的以机器为中心的流媒体帧段自适应控制的判决与防抖控制流程图。

**[0018]** 图 5 为本发明实施例二中所述的以机器为中心的流媒体帧段自适应控制系统示意图。

## 具体实施方式

**[0019]** 应该指出，以下详细说明都是示例性的，旨在对本发明提供进一步的说明。除非另有指明，本文使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

**[0020]** 需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。

**[0021]** 在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

### **[0022]** 实施例一

在一个或多个实施方式中，公开了一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法，用于解决无线带宽受限或波动以及场景内容动态变化并存条件下，现有流媒体传输策略难以兼顾新鲜度与语义完整性的问题。具体而言，逐帧传输在拥塞状态下易产生中间帧缺失并导致语义不连续，从而削弱下游检测、跟踪与事件识别等推理任务的连续性与稳定性。分段传输虽然有利于保持帧序列连续性与语义覆盖，但可能引入等待与缓冲导致新鲜度下降。同时，多模式切换若缺乏稳定机制，易在边界附近频繁切换并造成编码与缓冲策略震荡，进一步放大推理输出抖动。本发明通过提出语义年龄指标 AoS 并据此设计帧段自适应控制机制，实现对新鲜度与语义完整性的统一度量与稳定控制。

**[0023]** 如图 1 所示，与以人为中心的传输系统相比，以机器为中心的传输系统不以传统服务质量（Quality of Service, QoS）作为评估指标，而以分析质量为导向（Quality of Analysis, QoA），重点关注推理结果的可用性、稳定性与关键语义覆盖。基于该目标差异，本发明进一步将新鲜度与语义完整性统一建模并用于传输控制决策，本发明每一轮控制以当前时刻的流媒体帧、链路反馈与内容侧观测量为输入，输出逐帧或分段模式以及相应的编码发送配置，如图 2 所示，包括如下步骤：

步骤 S1、采集反馈并构建状态量，于编码与发送过程中同步采集链路反馈信息、视频帧到达信息、编码统计信息以及内容侧观测信息；并在每一决策时刻，以短时间窗口内的统计结果为基础，对所采集指标进行窗口化统计、汇总与平滑处理，构建网络状态与内容侧观测量作为控制输入，从而形成用于后续候选模式代价查表或轻量预测模型计算以及稳定判决的状态量输入。

**[0024]** 其中，所述链路反馈信息优选来自发送端传输控制模块及中间传输节点的运行统计，至少包括用于表征链路可靠性与时延特性的指标，例如确认应答到达率、丢包率估计值、往返时延以及时延抖动统计量等。所述视频帧到达信息不是指视频帧内容本身，而是指与帧/分组到达情况相关的到达统计信息，优选由接收端对帧/分组到达情况进行统计，并通过确认应答或接收统计报告回传至发送端或控制平面；所述视频帧到达信息至少包括到达标识与到达时序信息，例如帧或分组标识（帧序号/时间戳/分组序号）、对应到达时间或到达间隔，以及丢失/乱序/超时到达等状态标记，用于表征到达稳定性与传输连续性。所述编码统计信息至少包括反映发送侧编码与发包行为的统计信息，例如编码帧类型、单帧编码比特数或码率统计、量化参数、帧率及关键帧间隔等。

**[0025]** 优选地，在所述短时间窗口内对上述链路反馈信息、视频帧到达信息与编码统计信息进行聚合与平滑处理以构建网络状态输入，包括：对时延类指标进行滑动平均或指数加权平滑以抑制瞬时波动；对比例类指标采用窗口内计数得到滑动比例；对到达稳定性相关指标进行窗口汇总，从而形成更稳定的网络状态



输入，降低瞬时波动对后续判决的干扰。

[0026] 进一步地，根据接收统计回传信息，基于窗口内成功到达的有效载荷比特数与时间的比值估计链路可用吞吐；所述可用吞吐与确认应答、丢包及时延等链路统计量共同构成网络状态输入，作为后续候选模式代价查表或轻量预测模型的输入变量之一使用，用于估计逐帧模式与分段模式的预期代价并参与判决量计算。

[0027] 与此同时，所述内容侧观测量优选由发送端直接从编码器输出的压缩域信息及其运行统计中获得，不依赖对原始视频帧的像素域解析，以避免引入额外的全解码开销；优选地，对块级运动矢量进行统计并在短时间窗口内汇总处理，形成内容动态强度的观测输入，用于后续步骤中映射计算场景变化强度参数（ $\beta$ ）。可选地，还可结合编码帧类型、单帧编码比特数、量化参数等编码运行统计构成内容复杂度辅助特征，作为后续候选模式代价查表或轻量预测模型的输入之一。

[0028] 步骤 S2、基于内容侧观测量得到内容动态强度并映射计算场景变化强度，同时在滑动窗口内计算语义可用度，将场景变化强度、语义可用度与语义年龄指标结合构建语义年龄代价量。

[0029] 在场景变化强度计算方面，场景变化强度用于刻画当前场景动态程度的相对水平，并作为语义年龄指标中的权重系数，驱动新鲜度项与语义可用完整性项之间的自适应侧重切换。为满足在线控制的低开销要求，本发明优选利用编码压缩域运动信息构造场景变化强度。

[0030] 具体地，块级运动矢量由发送端编码器在帧间预测的运动估计过程中产生并在编码过程中可获得，优选通过编码器输出的压缩域信息或运行统计接口直接读取，无需对编码后码流进行全解码或额外像素域分析。块级运动矢量的模长表征局部运动幅度，进一步在单帧内对各编码块（的运动幅度进行加权均值得到帧级内容动态强度。可选地，对于关键帧或帧内预测块无运动矢量的情形，可将对应运动幅度记为零或采用邻近帧统计进行填补，以保持内容动态强度的连续可计算性。

[0031] 为降低相机抖动或背景噪声等因素的影响，优选对帧级内容动态强度进行短窗口平滑处理，并将平滑后的内容动态强度归一化到零到一。

[0032] 随后采用单调递增映射函数将归一化内容动态强度映射为场景变化强度。优选地，采用 Sigmoid 映射得到场景变化强度，其表达式为：

$$\beta_t = \Phi(x_t), \quad \Phi(x) = \frac{1}{1 + \exp(-(ax+c))}$$

[0033] 其中， $x_t$  为归一化且经平滑处理后的内容动态强度， $a$ 、 $c$  为可调参数，用于控制映射斜率与中心位置， $\beta_t$  为场景变化强度。通过上述映射，当场景静止或仅存在弱运动时场景变化强度趋近于零，当运动显著增强时场景变化强度快速增大并趋近于一，从而为后续与网络状态量联合决策提供稳定且可计算的内容侧输入信号。

[0034] 在语义可用度计算方面，语义可用度用于衡量接收端在时限内可用于推理的语义覆盖程度。本实施例优选采用滑动窗口  $U_t$  覆盖最近  $K$  帧或最近一段时间内的语义单元集合，语义单元可以根据任务类型进行定义，例如目标检测任务中可将每一帧的目标框集合视为语义单元，目标跟踪任务中可将连续若干帧的轨迹片段视为语义单元。对每个语义单元  $u$ ，定义重要性权重  $\rho_u$  与语义负载量  $b_u$ ，并定义可用标志  $r_{u,t}$ 。当语义单元在预定时限内到达且满足推理可用条件时  $r_{u,t} = 1$ ，否则  $r_{u,t} = 0$ 。语义可用度优选按窗口内语义负载的加权占比计算：

$$S_t = \frac{\sum_{u \in U_t} \rho_u b_u r_{u,t}}{\sum_{u \in U_t} \rho_u b_u}$$

[0035] 其中， $S_t$  为语义可用度； $\rho_u$  为重要性权重，可按任务需求设定，例如对关键目标类别赋予更高权重，对非关键目标赋予较低权重； $b_u$  为语义负载量，可由对应语义信息的编码大小、字节数或其它可度量负载表示。上述定义使语义可用度同时反映语义覆盖与语义重要性差异。

[0036] 在语义信息新鲜度量计算方面，本发明采用  $AoSI_t$  作为语义信息新鲜度量。本实施例优选以语义有效更新作为重置触发条件，新鲜度量  $AoSI_t$  随时间递增，并在发生语义有效更新时重置或显著降低。其中，语义有效更新是指推理端在预定时限内接收到能够用于当前任务推理的有效语义结果，优选包括关键目标检测结果到达、跟踪轨迹连续性恢复或事件识别结果更新。语义有效更新的判据可根据具体任务设定，例如在目标检测任务中，可将关键目标的有效检测结果在时限内到达视为有效更新；在目标跟踪任务中，可将轨迹连续性恢复或关键目标重新关联成功视为有效更新。通过上述设置  $AoSI_t$  能够反映推理端获得语义有效信息的时效性，并与语义可用度共同构成语义年龄指标的输入。

[0037] 在语义年龄指标与对数域代价计算方面，本发明以语义信息新鲜度量  $AoSI_t$ 、场景变化强度  $\beta_t$  与语义可用度  $S_t$  为输入构建语义年龄指标。优选采用幂次分式形式：

$$AoS_t \triangleq \frac{(AoSI_t)^{1-\beta_t}}{(S_t+\varepsilon)^{\beta_t}}$$

[0038] 其中,  $\varepsilon > 0$  为稳定常数, 用于避免语义可用度接近零时的数值不稳定。

[0039] 构造语义缺口相关量  $G_t$ :

$$G_t = 1/(S_t + \varepsilon)$$

[0040] 其中,  $S_t$  为语义可用度,  $\varepsilon$  为大于零的稳定常数。

[0041] 定义对数域代价函数:

$$J_t = (1-\beta_t) \log_e AoSI_t + \beta_t \log_e G_t$$

[0042] 为便于在线比较与代价叠加, 优先将上述指标转换为对数域代价函数。对语义年龄指标  $AoS_t$  取自然对数并定义语义年龄代价量  $J_t = \log_e (AoS_t)$ , 将上述  $G_t$  代入后可得:

$$J_t = (1-\beta_t) \log_e AoSI_t - \beta_t \log_e (S_t + \varepsilon), \quad AoS_t = \exp(J_t)$$

[0043] 其中,  $J_t$  为语义年龄代价量。

[0044] 由此, 系统既可直接使用  $AoS_t$  进行比较, 也可在对数域使用  $J_t$  进行加性计算与代价比较, 两者等价且不改变候选模式优劣排序。通过上述构造,  $\beta_t$  较小时  $AoS_t$  更侧重新鲜度项  $AoSI_t$ ; 反之, 更侧重语义可用度  $S_t$ , 从而实现随场景变化自动调整的新鲜度与语义完整性联合度量, 为后续帧段控制提供统一的可计算判据。

[0045] 步骤 S3、以语义年龄代价量作为评价准则, 分别估计逐帧模式与分段模式的预期代价, 并构造判决量为两种模式预期代价之差; 将所述判决量与滞后阈值比较并结合驻留约束进行稳定判决, 得到当前应选模式。

[0046] 在候选模式代价估计与判决量构造方面, 分别对逐帧模式与分段模式估计其预期代价, 得到逐帧模式预期代价与分段模式预期代价, 并构造判决量:

$$D_t = J_{SBS,t} - J_{FBE,t}$$

[0047] 其中,  $J_{FBE,t}$  为逐帧模式预期代价,  $J_{SBS,t}$  为分段模式预期代价,  $D_t$  为判决量。预期代价可以理解在对应候选模式下对语义年龄代价量的预测结果, 用于在线比较两种模式的优劣。

[0048] 为满足实时性要求, 预期代价估计优选采用查表方式或轻量预测模型方式实现, 如图 3 所示, 查表方式可在离线阶段以网络状态与内容状态为输入维度预计算两种模式的代价表项, 在线阶段根据当前状态量索引得到  $J_{FBE,t}$  与  $J_{SBS,t}$ 。轻量预测模型方式可采用线性回归、分段函数或小型神经网络, 输入为当前网络状态、场景变化强度与语义可用度等, 输出为候选代价或直接输出判决量  $D_t$ 。上述两类方式均可避免在线并行运行两套传输链路, 从而降低实现开销。

[0049] 在防抖判决与模式下发方面, 如图 4 所示, 系统将判决量与滞后阈值进行比较并执行三分区稳定判决。当  $D_t > \delta_{th}$  时选择逐帧模式, 当  $D_t < -\delta_{th}$  时选择分段模式, 当  $|D_t| \leq \delta_{th}$  时保持上一时刻模式不变, 以抑制边界附近频繁切换。

[0050] 进一步地, 可选引入最短驻留时间约束, 仅当当前模式驻留时间达到预设下限时才允许切换, 从而进一步增强稳定性。还可选引入切换代价或冷却时间, 将频繁切换显式反映在候选代价评估中, 使决策更稳健。上述判决规则与防抖机制对应图 5 中菱形判定与三条输出分支。

[0051] 步骤 S4、根据当前应选模式的结果更新分帧或分段组织与参数配置, 并回转运行统计进入下一轮控制, 实现闭环自适应。

[0052] 下发模式与配置并进行闭环更新, 将当前模式及编码发送配置下发至执行链路, 完成逐帧或分段传输, 并回收运行统计用于更新下一轮控制, 具体的包括:

在模式执行与参数配置方面, 当判决结果为逐帧模式时, 编码与发送模块优先采用逐帧组织方式进行编码发送, 以减少等待时间并强化新鲜度优势。当判决结果为分段模式时, 编码与发送模块优先采用分段组织方式, 利用帧间压缩提高编码效率并维持帧序列连续性, 从而提高语义覆盖与推理稳定性。

[0053] 除模式选择外, 系统还可同时下发码率、关键帧间隔、分段长度、缓冲阈值等编码发送参数, 用于进一步匹配当前网络状态与内容动态。系统在执行链路完成传输与推理后, 持续回收链路反馈与推理统计用于更新网络状态、场景变化强度与语义可用度, 进入下一轮控制, 实现闭环自适应。

[0054] 作为一种实施方式, 当场景较为静止且运动幅度较小, 压缩域运动信息计算得到的场景变化强度较小, 此时语义年龄代价对新鲜度项更敏感, 系统更倾向选择逐帧模式以获得更快的语义有效更新。当场景出现快速运动或遮挡变化导致场景变化强度增大时, 语义年龄代价对语义可用度更敏感, 在带宽受限或丢包升高条件下系统更倾向选择分段模式以维持连续语义覆盖。若判决量处于阈值附近, 滞后判决与驻留约束将使系统保持当前模式不频繁切换, 从而避免编码与缓冲参数反复震荡并提升推理输出稳定性。

**[0055]** 本发明首先，将新鲜度与语义连续完整性统一纳入同一控制目标，实时获取链路反馈信息构建网络状态，包括确认应答到达率、丢包率、往返时延与时延抖动等，同时从内容侧估计场景变化强度，利用压缩域运动信息、目标运动幅度与遮挡变化等信号获得。然后，依据网络状态与场景变化强度自适应调节控制目标中各项权重，并在多个候选传输与编码模式之间进行在线选择，候选模式至少包括逐帧低时延传输与分段高压压缩传输。最后，候选模式的预期代价优选通过查找表索引获得，亦可采用曲线拟合或轻量预测模型作为可选替代实现，并引入滞后阈值、最短驻留时间或切换代价等防抖机制，在决策边界附近抑制频繁切换。通过上述方法，本发明可在动态带宽与场景变化共存的环境中实现稳定自适应传输，提高语义传输连续性，提升下游推理分析任务的有效性与系统鲁棒性。

## **[0056]** 实施例二

在一个或多个实施方式中，公开了一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制系统，具体包括：

状态观测模块，其被配置为：采集链路反馈信息、视频帧到达信息及编码统计信息，对所采集信息进行窗口化统计与平滑处理以构建网络状态，并获得内容侧观测量；

指标计算模块，其被配置为：基于所述内容侧观测量得到内容动态强度并映射计算场景变化强度，同时在滑动窗口内计算语义可用度，将所述场景变化强度、语义可用度与语义年龄指标结合构建语义年龄代价量；决策防抖模块，其被配置为：基于所述语义年龄代价量分别估计逐帧模式与分段模式的预期代价，并构造判决量为两种模式预期代价之差；将所述判决量与滞后阈值比较并结合驻留约束进行稳定判决，得到当前应选模式；

参数下发模块，其被配置为：根据所述当前应选模式的结果更新分帧或分段组织与参数配置，并回转运行统计进入下一轮控制，实现闭环自适应。

**[0057]** 本实施例中，如图5所示系统为例进行描述，系统整体采用控制平面与传输执行链路分离的架构。传输执行链路依次包括编码、发送、传输、接收、解码与推理，用于完成流媒体的编码发送与下游推理分析。控制平面包括状态观测与指标计算模块以及决策防抖与参数下发模块，其中状态观测与指标计算模块内部包括网络状态估计、场景变化强度计算、语义可用度计算、语义年龄代价计算与候选代价评估等功能单元，决策防抖与参数下发模块用于基于候选代价差完成稳定判决并下发逐帧或分段模式及参数配置。链路侧反馈与推理侧统计回传至控制平面，用于更新网络状态与指标量并形成闭环自适应控制。

## **[0058]** 实施例三

本实施例提供一种电子设备，包括存储器和处理器以及存储在存储器上并在处理器上运行的计算机指令，计算机指令被处理器运行时，完成上述以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法的步骤。

## **[0059]** 实施例四

本实施例提供一种计算机可读存储介质，用于存储计算机指令，所述计算机指令被处理器执行时，完成上述以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法的步骤。

**[0060]** 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

**[0061]** 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

**[0062]** 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

**[0063]** 上述实施例中对各个实施例的描述各有侧重，某个实施例中没有详述的部分可以参见其他实施例的相关描述。

**[0064]** 以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。



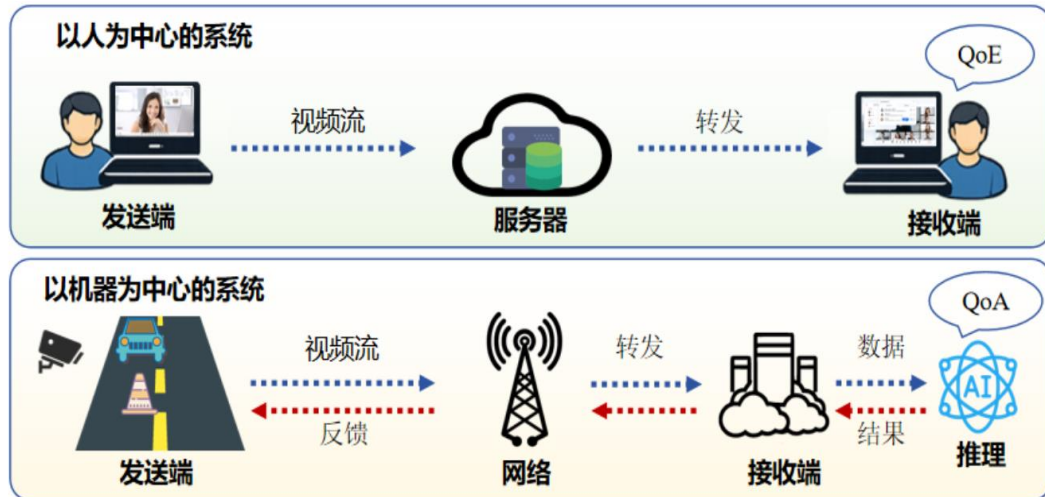


图 1

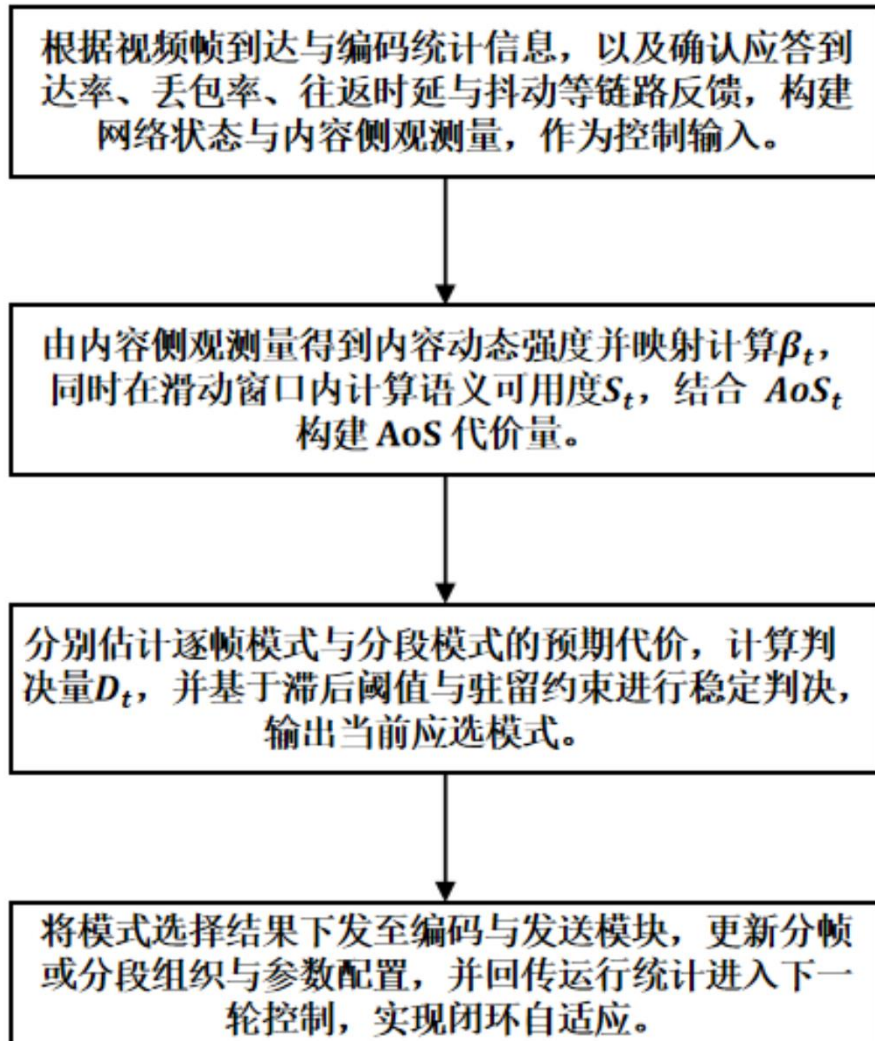


图 2

	网络状态 $B_1$	网络状态 $B_2$	网络状态 $B_{...}$	网络状态 $B_n$
场景变化强度 $\beta_1$	$J_{FBF}, J_{SBS}$	$J_{FBF}, J_{SBS}$	$J_{FBF}, J_{SBS}$	$J_{FBF}, J_{SBS}$
场景变化强度 $\beta_2$	$J_{FBF}, J_{SBS}$	$J_{FBF}, J_{SBS}$	$J_{FBF}, J_{SBS}$	$J_{FBF}, J_{SBS}$
场景变化强度 $\beta_{...}$	$J_{FBF}, J_{SBS}$	$J_{FBF}, J_{SBS}$	$J_{FBF}, J_{SBS}$	$J_{FBF}, J_{SBS}$
场景变化强度 $\beta_n$	$J_{FBF}, J_{SBS}$	$J_{FBF}, J_{SBS}$	$J_{FBF}, J_{SBS}$	$J_{FBF}, J_{SBS}$

图 3

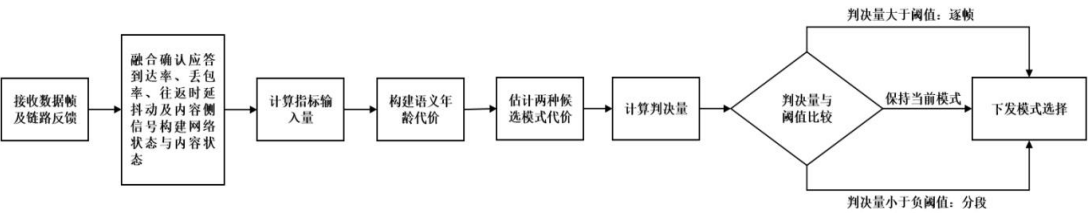


图 4

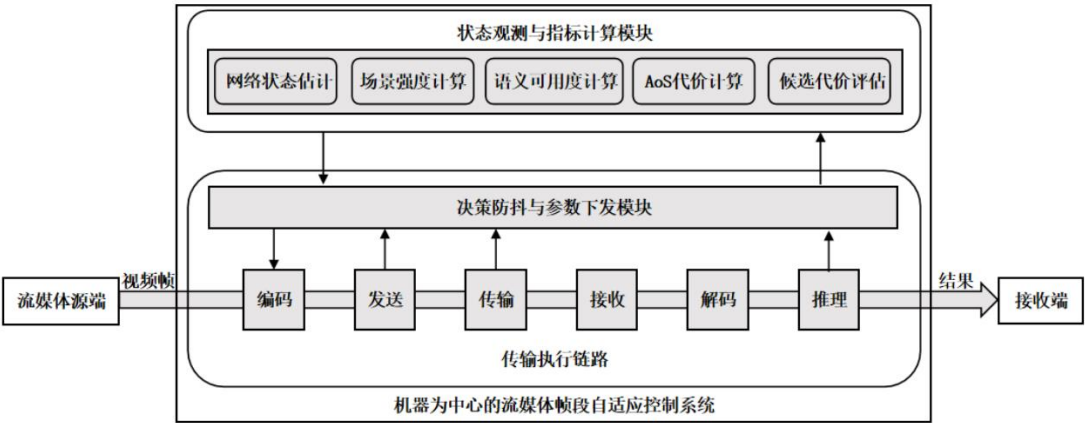


图 5

## 说明书摘要

本发明提出了一种以机器为中心的流媒体帧段自适应控制方法及系统，属于流媒体传输控制技术领域，包括：基于内容侧观测量得到内容动态强度并映射计算场景变化强度，同时在滑动窗口内计算语义可用度，将场景变化强度、语义可用度与语义年龄指标结合构建语义年龄代价量；基于所述语义年龄代价量分别估计逐帧模式与分段模式的预期代价，并构造判决量为两种模式预期代价之差；将所述判决量与滞后阈值比较并结合驻留约束进行稳定判决，得到当前应选模式；根据当前应选模式的结果更新分帧或分段组织与参数配置，并回转运行统计进入下一轮控制，实现闭环自适应。本发明提高了流媒体的语义传输连续性。