**专利提案技术交底书**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **申报单位** |  | | | |
| **建议专利类型** | 发明 实用新型 | | | |
| **技术联系人** | 姓名 |  | 手机 |  |
| 公司邮箱 |  | QQ |  |
| **建议发明人名单**  **（奖励分配依据）** |  | | | |

# 一、专利名称

一种基于SVC模式的FEC优化方法

# 二、所属技术领域

在实时视频流中，数据包通过网络从发送端传输到接收端。接收到的视频质量会随着网络条件的变化而波动，当有大量丢包时，视频质量会大幅下降。前向纠错(FEC)技术可以通过合并冗余数据来恢复丢失的数据包。当采用可扩展视频编码(SVC)时，通过考虑SVC的参考图像结构，并在使用FEC冗余时增加参考图像的权重，克服了传统方案的缺点。但是这种方案集中在SVC模式的采用固定滑动窗口大小编码，忽略了滑动窗口大小对速率的复杂交互作用及对用户QoE的影响。

然而，确定FEC滑动窗口大小的最佳值是一个重大挑战，因为FEC如果被滥用，还会增加延迟或损害视频质量。更具体地说，FEC适用于在丢包情况下恢复数据包，而不会产生额外的数据包恢复往返时间。但如果过度使用，则会显著降低用户QoE，因为较大的FEC部分会大大降低有效视频速率，从而导致视频质量差。此外，它还会增加FEC处理开销带来的额外延迟。

# 三、现有技术的技术方案

在实时视频流中，FEC方案可分为帧级FEC、GOP级FEC、扩展窗口FEC和滑动窗口FEC。

1.在帧级执行Reed-Solomon (RS)编码，其中RS编码块包含来自同一视频帧的视频数据包(即每个编码窗口包含单个视频帧及其相应的FEC冗余)。在此约束下，RS解码器不需要收集很多帧的源数据包来恢复丢失的数据包;因此，没有解码延迟。

2.在GOP级FEC中，FEC编码窗口包含GOP中的所有视频帧，以产生相应的FEC冗余。通过利用大的编码窗口，GOP级FEC能够处理突发损失。

3.扩展窗口FEC都通过为每帧分配修复包来消除额外的延迟。扩展窗口FEC使用当前视频帧和之前的所有帧来构建编码窗口，因此窗口会不断扩大，直到覆盖整个GOP。

4. 滑动窗口也是通过为每帧分配修复包来消除额外的延迟。不同的是，滑动窗口FEC采用固定窗口，只包含之前编码窗口的一部分数据。相比之下，滑动窗口FEC可以保持良好的恢复性能，而不会导致编码过度累积;在保持低延迟和低复杂度的同时，具有足够的恢复性能。滑动窗口FEC有一个滑动编码窗口，通常由同一GOP中连续的一组帧组成。

5. 适用SVC模式下的基于参考图像结构的编码窗口管理机制。当一个新的帧被生成并传递给FEC编码器时，FEC编码器缓存帧并获得它的参考帧。在FEC编码过程中，通过反向搜索找到当前帧的参考帧，并将所有参考帧添加到编码窗口中。当编码窗口超过最大窗口大小或发现内部帧时，向后搜索停止。

# 四、现有技术的缺点及本提案要解决的技术问题

现有技术的缺点：

1. 在帧级执行Reed-Solomon (RS)编码，当每帧产生的源视频包数量较少时，FEC的效率较低。此外，当前帧的恢复报文不能帮助恢复前一帧的丢失报文，前一帧的失真可能会传播到当前帧和后续帧。

2. 在GOP级FEC中，GOP级FEC会带来额外的解码延迟，因为必须收集GOP中的所有视频帧进行FEC解码，这在实时视频流中是不可接受的。

3. 在扩展窗口FEC中，编码窗口大小在一个GOP内呈线性增加;在实际实现中，当GOP的大小足够大时，计算成本和解码延迟都相当高，限制了扩窗FEC在实时视频流中的应用。

4. 在SVC中，视频帧被分成几层:基础层和一个或多个增强层。通过分层视频编码，SVC可以适应不同的终端功能和终端用户的需求，并在网络条件变化时提供不同的层信息。但是，采用SVC时，帧依赖关系也发生了变化，不再是简单的一维时间顺序逐帧依赖关系，这就导致了时间顺序滑动窗口FEC不是最优的。

5. 适用SVC模式下的基于参考图像结构的编码窗口管理机制重点是可以在SVC模式下应用的FEC编码，最大编码窗口T是恒定不变的，忽略了这种FEC机制对速率控制的复杂交互作用及其对用户QoE的影响。

解决的问题：

1.适用SVC模式下的基于参考图像结构的编码窗口管理机制，基于SVC的分层特点通过缓存帧获取参考帧，并构成编码窗口解决了时间顺序滑动窗口的依赖关系的问题。

2.引入机器学习算法，考虑视频恢复机制对速率控制的复杂交互作用及其对用户QoE的影响，确定FEC最大编码窗口T的最佳值，保证在丢包情况下恢复数据包，同时减少因为增加FEC处理开销带来的额外延迟。

# 五、本提案的技术方案的详细阐述

获取来自发送者的视频流，对视频采用SVC可扩展编码，将视频流分割成基础层和增强层，然后采用基于参考帧的滑动窗口FEC编码方案。但是在已有的方案中，最大滑动窗口T为恒定不变的值。为了实现可以根据网络条件，动态调整最大滑动窗口T值，引入了强化学习算法作为一种优化方案，来避免引入不必要的FEC开销。

基于强化学习的模型建模依赖马尔科夫决策过程，定义其四元组组<状态 S, 动作 A, 奖励函数 R, 状态转移函数 T>如下：

状态空间：状态空间定义为传输层的各项指标信息，包括丢包率（loss rate，记为 l）、包时延（delay，记为 d），实际编码速率（encoder bitrate，记为 b）。此外，为了将各个指标约束到相同数据级别， 将所有指标首先进行数据归一化处理，然后将其作为模型的输入，以避免异常值的干扰，影响神经网络的正常训练以及梯度更新。

奖励函数：此奖励函数主要涉及关乎视频质量的重要指标：视频码率（记为 v）、时延（记为 d），以及帧率（记为 f）。上述 3 种指标通过合理的超参数调整，如对视频码率及帧率给予正向奖励（奖励因子），对视频缓冲时延给予负向惩罚（惩罚因子），然后进行加权综合，强化学习的奖励函数为

其中，N表示观测次数，α>0、β>0、γ>0。

动作空间：将连续动作空间定义为FEC最大编码窗口T的预测值，输出范围为 A= [T\_min, T\_max]，具体值为此空间内的任一离散数值。将状态空间输入给神经网络模型，算法会根据当前策略生成较优的最大编码窗口动作值T，此动作值会传输到发送端作为下一阶段的视频发送速率，继而模型会生成此次反馈的奖励函数值，用来判断上一次动作的收益情况，如若收益值较大，模型将会倾向于生成此类较优策略；如若收益值较小或者为负值，模型的参数训练则会避免生成类似动作。上述阶段循环往复，在训练一定规模的数据集并拥有较多的经验之后，则会演变为一个能够合理预测网络带宽的最大编码窗口T预测模型。

当一个新的帧被生成并传递给基于参考图像的滑动窗口FEC时，编码器缓存帧并获得它的参考帧。同时，通过上述基于强化学习的最大编码窗口T预测模型，FEC控制器会获得预测值T’，并将其作为此FEC编码进程中的参考值。在FEC编码过程中，通过反向搜索找到当前帧的参考帧，并将所有参考帧添加到编码窗口中。当编码窗口超过最大窗口T’或发现内部帧时，向后搜索停止。

按照这种方法加上FEC冗余信息经过数据包平滑发送模块，打包成RTP数据包。随后，RTP报文从发送方发送到接收方接收。然后，这些RTP数据包在接收缓冲区中进行处理，以检查数据包的顺序和时间戳、帧边界等。一旦帧重建完成，它被发送到解码器显示在用户的屏幕上。

# 六、本提案的技术关键点和欲保护点

在适用SVC模式下的基于参考图像结构的编码窗口FEC机制引入强化学习去优化FEC的方案。

# 七、与第三条中最接近的现有技术相比，本提案有何技术优点

在适用SVC模式下的基于参考图像结构的编码窗口管理机制上，引入强化学习算法，不仅可以保证原有SVC技术的多路分发的优势，还可以通过强化学习分析历史数据，网络状况、传输质量等因素，来推测不同的情况下最适合的FEC最大编码窗口，避免过大的冗余传输，从而节约带宽资源。

# 八、其他有助于理解本提案的技术资料

基于SVC模式的FEC优化架构示例图：

