

基于 Openflow 网络的可分级视频流分发方法

卢 冀^{1,2}, 张之义², 王俊芳², 郝志安², 李 宁²

(1. 华中科技大学, 湖北 武汉 430074;

2. 中国电子科技集团公司第五十四研究所, 河北 石家庄 050081)

摘 要 为了提高多媒体云计算中视频流分发效率和重建图像质量, 提出了一种用于多媒体云计算中基于 Openflow 网络的视频码流高效分发方法。建立了基于 Openflow 网络视频传输模型, 在此模型基础上给出了分级视频流的分发模型、失真计算方法和分发方法步骤。在一定信道带宽的限制下, 采用率失真优化的方法恰当地选择可分级码流, 保证传输和接收的可分级码流率失真性能较好。仿真结果表明, 与已有的典型方法相比, 在不同信道带宽条件下均获得更好的重建图像质量。

关键词 多媒体云计算; Openflow 网络; 分级视频编码; 视频流分发; 率失真理论

中图分类号 TN915 文献标识码 A 文章编号 1003-3106(2014)01-0001-03

A Distribution Method of Scalable Video Stream for Openflow-based Networks

LU Ji^{1,2}, ZHANG Zhi-yi², WANG Jun-fang², HAO Zhi-an², LI Ning²

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan Hubei 430074, China;

2. The 54th Research Institute of CETC, Shijiazhuang Hebei 050081, China)

Abstract An efficient distribution method of scalable video stream is proposed to improve the video distribution efficiency and reconstructed quality for Openflow-based networks in multimedia cloud computing. An Openflow-based scalable video stream transmission model is built, on the basis of which the distribution model, the distortion computation method and the steps of distribution method of scalable bit stream are put forward. Given the bandwidth limitation, the rate-distortion optimization method is adopted to select the minimum distortion scalable bit stream properly, and to ensure that the scalable bit streams with better rate-distortion performance are transmitted and received according to priority. The simulation results show that the proposed method maintains the best quality of reconstruction of video sequence compared with several typical methods.

Key words multimedia cloud computing; Openflow-based network; scalable video coding; video stream distribution; rate-distortion theory

0 引言

随着云计算^[1]的深入应用和人们对多媒体业务需求的增长, 多媒体云计算已成为提供多媒体业务最重要的手段之一^[2]。针对多媒体云计算环境采用的基于 Openflow 的网络基础设施, 设计高效的视频流分发方法, 是云计算视频应用、更是基于 Openflow 网络中需要解决的关键问题。

为了满足基于 Openflow 网络中视频分发的需求, 宜采用基于 H. 264 标准^[3,4]的可分级视频编码 (Scalable Video Coding, SVC)^[5,6] 保证视频业务的 QoS。已有的 SVC 码流分发方法分为 2 类: 基于图像帧^[7]的方法和基于图像组 (Group Of Picture, GOP)^[8,9]的方法。但是, 前者因失真计算难度大而无法应用于实际的视频系统; 后者因没有考虑一定

带宽限制下空域和时域可分级码流的分发方式, 适用性较差。

本文方法以 GOP 作为码流分发的基本单元, 降低 SVC 码流分发方法的复杂度, 同时又从空域层、时域层和质量层 3 个方面考虑了可分级码流的分发方式, 在一定传输带宽约束下, 提高了 SVC 码流传输效率及重建图像质量。

1 传输模型及优化目标

SVC 包括空域、时域和质量域分级 3 种可分级方式^[10]。在码流分发时, 首先对以 GOP 为单元生成的复合分级码流进行排序, 选择率失真性能较好的可分级码流, 并把这些码流打成网络提取层

收稿日期: 2013-09-18

基金项目: 国防基础科研计划资助项目 (B1120110001; B2120110001)。

(Network Abstraction Layer, NAL) 包进行传输, 终端收到 NAL 包后能优先恢复率失真性能好的可分级码流, 从而提高重建视频质量。

基于 Openflow 网络采用控制与转发分离的架构, 在控制器中可以对转发器进行配置, 性能好的码流优先由转发器进行分发。

在转发器中, 根据控制器对 Openflow 数据流表的设置完成分级视频流的分发, 具体步骤如下:

- ① 从表头识别视频流的优先级, 并优先传输优先级高的可分视频流;
- ② 从计数器中对不同优先级数据包的分发个数进行统计;
- ③ 根据统计结果和传输带宽约束, 在行为表中对优先级较低的数据包进行抛弃处理。

基于 Openflow 网络视频传输模型如图 1 所示。

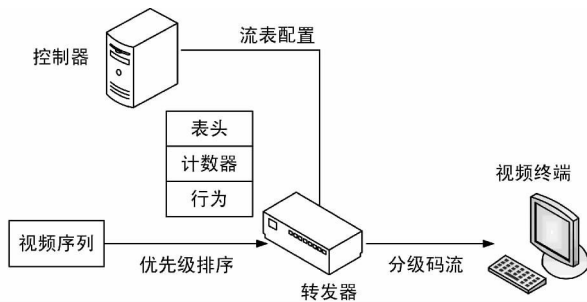


图 1 基于 Openflow 网络视频传输模型

SVC 提供的码流分发方法^[11]没有考虑不同重建视频序列的率失真性能, 因此该算法不能有效地提高重建图像的质量。为了提高重建图像的质量, 分发方法对分级码流进行分发时, 必须考虑分层码流的率失真特性, 当传输带宽为 R_B 时, 率失真性能最优的码流分发方法可以描述为:

$$\theta^* = \arg \max P(\theta), \quad \text{s.t. } R(\theta) \leq R_B. \quad (1)$$

式中 θ 为从复合可分级码流中得到的部分分级码流; $R(\theta)$ 和 $P(\theta)$ 分别为分发码流 θ 的码率和重建图像质量。

2 视频流分发方法

2.1 视频分发模型

定义 ξ 为一个三维集合 (d, t, q) , 参数 d 、 t 和 q 分别表示空域层、时域层和质量层标识, 并满足 $0 \leq d \leq D$ 、 $0 \leq t \leq T$ 和 $0 \leq q \leq Q$ 。复合分级码流 $C(D, T, Q)$ 由基本层和若干增强层组成, 其可以用集合 $\{L_1, L_2, \dots, L_N\}$ 表示, 记为 $\xi = \{L_1, L_2, \dots, L_N\}$, $C(0, 0, 0)$ 表示基本层 L_1 , $C(D, T, Q)$ 表示最高的

增强层 L_N 。特别指出, 当复合分级码流中不包含可分级码流 $L_i (1 < i < N)$ 时, L_i 可为空集。根据 SVC 可分级视频流的依赖关系建立 $(0, 0, 0)$ 到 (D, T, Q) 分发模型, 分级码流 $C(1, 1, 1)$ 的分发模型如图 2 所示。

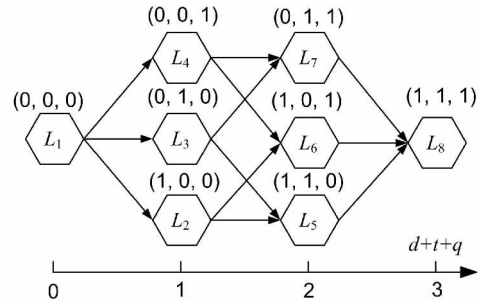


图 2 SVC 码流的分发模型示例

分发模型中, 从 $(0, 0, 0)$ 到 (D, T, Q) 路径中分级码流的优先级依次降低, 每一条 L_1 到 L_N 路径表示了一种 SVC 码流传输的顺序, 路径上每一个节点对应着 SVC 码流中的一个可分级码流, 通过该模型可以方便地从某条路径中依次选择可分级码流。

2.2 视频流失真计算

$L_i (1 < i < N)$ 的失真可以通过计算 $D(d, t, q)$ 的失真获得^[12]。具体方法如下:

$$D(d, t, q) = \frac{1}{G} (D_E + D_Q^S + D_Q^T + D_F). \quad (2)$$

式中 G 为 GOP 的大小; D_E 为空域和时域增强层的缺失造成的失真, 通过计算缺失的空域层和时域层中图像序列的重建失真获得, 表示式为:

$$D_E = \sum_{i=0}^D \sum_{j=t+1}^T \omega(F'_{ijQ}) + \sum_{i=d+1}^D \sum_{j=0}^T \omega(F'_{ijQ}); \quad (3)$$

D_Q^S 为空域层层间预测时, 造成的空域层的图像序列的失真, 计算公式为:

$$D_Q^S = \sum_{i=1}^D [MSE(F_{i,t,q}, F''_{i,t,q}) - MSE(F_{i,t,q}, F'_{i,t,q})] = \sum_{i=1}^D \varphi(F''_{i,t,q}); \quad (4)$$

D_Q^T 为在同一空域层内时域层之间预测时, 造成的时域层的图像序列的失真, 计算公式为:

$$D_Q^T = \sum_{i=0}^D \sum_{j=0}^T [MSE(F_{i,j,q}, F''_{i,j,q}) - MSE(F_{i,j,q}, F'_{i,j,q})] = \sum_{i=0}^D \sum_{j=0}^T (T+1 - \alpha_j) \varphi(F''_{i,j,q}); \quad (5)$$

D_F 为在不小于目标空域和时域分辨率的增强层中, 对重建图像和错误掩盖图像质量造成的失真, 计算公式为:

$$D_F = \sum_{i=d}^D \sum_{j=t}^T [MSE(F_{ijq^*}, F''_{ijq^*}) - MSE(F_{ijq^*}, F''_{ijq^*})] = \sum_{i=d}^D (T+1-t) \varphi(F''_{ijq^*}) \quad (6)$$

式中, MSE 为均方误差; F_{ijq} 为满足时域、空域和质量域标识为 i, j 和 Q 的图像序列; $\omega(F')$ 为图像序列 F 的重建失真; $\varphi(F'')$ 为由于 f_i 恢复误差造成编码序列 F 的失真; q^* 为质量层 q 被截断后的标识。

2.3 分发方法步骤

式(1)给出了在一定传输带宽条件下可分级视频分发方法设计的原则,本文方法基于视频分发模型,并采用率失真优化方法对 SVC 码流进行分发,其步骤如下:

① 参照 2.1 节建立 SVC 可分级视频码流 $C(D, T, Q)$ 的分发模型,模型包括 H 条路径,即可分级视频码流排序的全部选择。

② 依据式(2)计算可分级码流的失真。

③ 根据传输带宽的限制,优先选择并传输率失真性能较好的可分级视频码流,即由 $(0, 0, 0)$ 开始从 H 条路径中搜索出满足传输带宽且失真最小的可分级码流进行传输。

④ Openflow 控制器对转发器的流表进行配置,在流表中设置表头列表使转发器能够识别视频码流的优先级,设置计数器列表使转发器对不同优先级的视频 NAL 包进行统计,并设置行为列表,在一定传输带宽约束下,使转发器能删除传输优先级较低的视频数据包。控制器可以通过获得的视频数据包优先级和数据包发送吞吐量,控制转发器抛弃优先级较低的视频数据包。

⑤ 采用分发模型筛选分级视频码流,计算并选择率失真性能较好的分级码流,在一定传输带宽下,视频终端收到视频码流后,其重建视频图像质量满足式(1)设计要求。

3 仿真验证

选择 Bus 和 Bridge 标准测试序列进行仿真实验,分辨率为 CIF,帧率 30 fps, GOP 大小为 32。可分级码流包含 2 个空域层、3 个时域层和 2 个质量域层。

比较了以下 4 种排序算法的性能:① SVC 标准的分发方法^[11],记为 STD;② 基于贪婪算法的分发方法^[9],记为 GRE;③ 只考虑质量域分级特性的分发方法^[8],记为 QLY;④ 本文提出的算法,记为 Proposed。4 种方法得到的重建图像质量如图 3 所示。

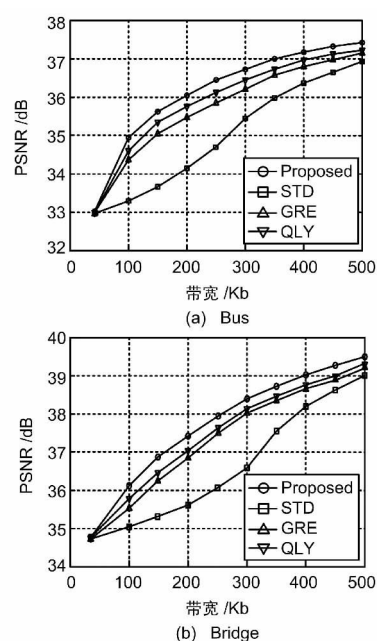


图 3 方法性能比较

由图 3 可以看出,随着带宽的增加,本文算法的性能始终好于其他方法。原因在于本文方法在分发模型的基础上,传输了率失真性能最优的分级码流,保证了终端重建图像序列质量最好。

4 结束语

为了实现多媒体云计算中视频流高效分发方法,提出了一种基于 Openflow 网络的分级码流分发方法,给出了分级视频流分发模型、失真计算方法和具体分发步骤。实验仿真表明,提出的方法可以明显提高重建视频序列的质量。此外,本文提出的分级视频流分发模型、视频流排序、失真计算的视频处理方法,可借鉴于视频传输技术的研究。

参考文献

- [1] BUYYA R, YEO C S, VENUGOPAL S. Market-oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering it Services as Computing Utilities [C] // 10th IEEE Int. Conf. High Performance Computing and Communications, 2008: 5-13.
- [2] ZHU W W, LUO C, WANG J F, et al. Multimedia Cloud Computing [J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2011, 5: 59-69.
- [3] 郑庆红. 基于 H. 264 的视频传输系统的设计与实现 [J]. 无线电工程, 2011, 41(8): 12-14.
- [4] 杜广超, 王胜涛, 李军杰. 基于 H. 264 图像编码的语音编码 [J]. 无线电工程, 2009, 39(10): 19-22.
- [5] SCHWARZ H, MARPE D. Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H. 264/AVC Standard [J]. IEEE Trans Circuits and Systems for Video Technology, 2007, 17(9): 1103-1120.

(下转第 9 页)

以看出,利用样值同步算法,在信噪比大于 15 dB 的情况下,只需 1~2 次就能找到最佳采样点,大大降低了运算量,提升硬件解调速度。

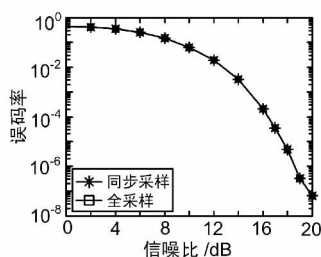


图 4 同步采样与全采样误码率对比

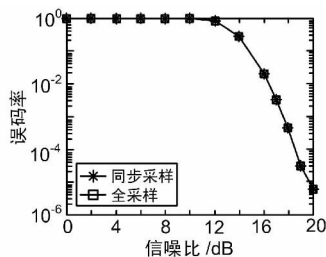


图 5 同步采样与全采样误帧率对比

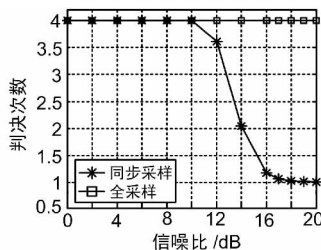


图 6 同步采样与全采样判决次数对比

4 结束语

基于同步序列的 AIS 信号简化采样判决算法利用 AIS 信号同步序列优先确定采样点位置,在不降

低误码率的前提下减少了对信号的判决次数。设计方法简单,易于硬件实现,大大降低了硬件复杂度。该算法适用于对数据信号前有训练序列的数字信号进行判决。

参考文献

- [1] 陈贤卿,吴乐南,靳一,等.基于 SVM 分类的 EBPSK 信号解调判决[J].东南大学学报(自然科学版),2011,41(4):672-677.
- [2] GB/T20068-2006. 船载自动识别系统(AIS)技术要求[S],1996.
- [3] 陈旗,杨允军,宋士琼,等.GMSK 信号的非相干解调技术研究[J].航天电子对抗,2007,23(1):58-61.
- [4] 姚娜,蔡容海. AIS 系统中 GMSK 的调制解调[J].电讯技术,2006,46(5):186-189.
- [5] 刘毅. AIS 系统基带信号的研究与 DSP 实现[D].成都:电子科技大学,2006:10-56.
- [6] 吴团锋,杨喜根,李际平,等.一种基于 FFT 的联合帧同步和频偏估计算法[J].电子与信息学报,2006,28(5):840-843.
- [7] 张兆晨.自动识别系统(AIS)相干解调技术研究[D].南京:南京理工大学,2012:6-28.
- [8] 郑志国,来飞. AIS 系统中 NRZI 编码及 GMSK 的调制与解调的仿真[J].电子质量,2011(10):38-41.
- [9] 朱守中,柳征,姜文利,等.基于能量度量的星载 AIS 信号自适应码元同步抽取算法[J].国防科技大学学报,2012,34(5):73-77.
- [10] 刘桂云.船舶自动识别系统(AIS)的研究[D].青岛:青岛海洋大学,2002:7-29.
- [11] 戚魁蔚.自动识别系统(AIS)协议的研究和实现[D].天津:天津大学,2010:38-56.
- [12] 毛景魁.基于 AIS 的船舶远程航行动态监控系统[D].上海:上海海事大学,2006:31-55.

作者简介

王佩女,(1989—),硕士研究生。主要研究方向:无线通信、信号处理。

陈萍女,(1966—),高级工程师,研究生导师。主要研究方向:无线通信。

(上接第 3 页)

- [6] 卢冀,肖嵩,吴成柯.基于网络编码的 SVC 高效传输系统[J].西安电子科技大学学报,2010,37(3):405-411.
- [7] MAANI E, KATSAGGELOS A K. Unequal Error Protection for Robust Streaming of Scalable Video over Packet Lossy Networks[J]. IEEE Trans Circuits and Systems for Video Technology, 2010, 20(3): 407-416.
- [8] CAI H, ZENG B. Error-resilient Unequal Protection of fine Granularity Scalable Video Bitstreams[C]//EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 2006: 1-11.
- [9] XIAO S, WU C K. Priority Ordering Algorithm for Scalable Video Coding Transmission over Heterogeneous[C]//Advanced Information Networking and Applications

(AINI). Ginowan, Japan, 2008: 896-903.

- [10] 郭丽霞.基于网络编码的分级视频权限控制方法[J].无线电通信技术,2012,38(3):55-57.
- [11] REICHEL J, SCHWARZ H. Joint Scalable Video Model 9 of ISO/IEC 14496-10: 2005/AMD3. Scalable Video Coding. Joint Video Team of ISO-IEC MPEG & ITU-T VCEG, JVTX202[S], 2007.
- [12] 卢冀,肖嵩,吴成柯.一种面向视频传输的 SVC 码流排序方法[J].电子与信息学报,2011,33(3):537-542.

作者简介

卢冀男,(1981—),博士。主要研究方向:云计算、网络虚拟化和网络服务技术。

张之义男,(1966—),研究员。主要研究方向:通信网络总体、路由交换和云计算技术。