

面向移动网络的实时视频转码系统

王海蓉, 邢卫, 鲁东明

(浙江大学计算机科学与技术学院, 杭州 310027)

摘要: 针对宽带 IPTV 视频源向移动网络和移动终端提供视频服务需要解决的视频转码问题, 设计开发以软件方式实现的实时视频转码系统, 可将 MPEG-4 格式的高码率、高分辨率节目源实时转换为适合移动网络和移动终端的低码率、低分辨率视频。在误差补偿转码框架的基础上, 提出一种自适应的转码时延保证方法, 解决了转码计算复杂性和转码质量均衡的关键技术问题, 保证了转码系统的实时性。测试结果表明, 实现的转码系统视频转换质量损失少、实时性高。

关键词: 移动网络; 实时视频转码; 降码率; 降分辨率; 时延保证

Real-time Video Transcoding System for Mobile Networks

WANG Hai-rong, XING Wei, LU Dong-ming

(College of Computer Science and Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

【Abstract】 Video transcoding is emerging as a key technology to provide video streaming service for mobile devices on wireless networks when using video sources from broadband IPTV. This paper designs and develops a software implemented real-time video transcoding system which can convert high bit-rate, high resolution MPEG-4 video sources to low bit-rate, low resolution video in real-time to support video streaming over mobile networks. An adaptive transcoding scheme with delay guarantee is proposed in the paper based on the well-known drift compensation transcoding architecture. This scheme not only leverages the computation complexity and video quality but also ensures the extra delay caused by transcoding process. Experimental results illustrates that the system can achieve real-time transcoding with little quality degradation.

【Key words】 mobile networks; real-time video transcoding; bitrate reduction; resolution reduction; delay-guarantee

1 概述

随着多媒体和网络技术的快速发展, 多媒体服务已经越来越流行。在这些应用中, 常常需要对视频编码流的码率或分辨率作调整, 以适应异构网络和多终端环境的需要。

本文探讨的实时视频转码系统, 为在移动终端上通过移动网络接收来自 IPTV 网络电视节目提供了思路和技术手段。该系统的典型应用如图 1 所示。

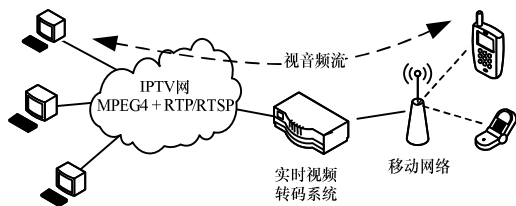


图 1 实时视频转码系统应用示意图

上述转码一般要求对分辨率和码率进行降低转码。目前国内研究转码的主要关注点是转码的质量损失和转码本身的复杂度。转码应做到以下几点^[1]:

- (1) 尽可能利用原始比特流中的信息;
- (2) 产生的视频质量尽可能得高;
- (3) 在实时应用中, 计算复杂度要达到最小。

本文主要研究 MPEG-4 编码标准下视频的转码算法和软件实现问题, 包括降码率转码算法、降分辨率转码算法等, 并提出了保证实时转码过程时延稳定性的方法。

2 系统目标和设计方案

IPTV 网络上的节目源, 通常是高压压缩比格式(如 MPEG-

4)、VGA 分辨率(640×480), 采用 128 Kb/s~1 024 Kb/s 码率; 而适合移动媒体网络的节目源, 应该是高压压缩比格式(如 MPEG-4)、CIF (320×240)或 QCIF(176×144)分辨率, 低码率(一般低于 128 Kb/s)。因此, 本系统要达到如下目标:

(1) 支持实时降码率转码

在 VGA(4CIF)分辨率下实现 1 Mb/s 降为 128 Kb/s 的实时降码率转码; 在 CIF 分辨率下实现 800 Kb/s 降为 128 Kb/s 的实时降码率转码; 并且 PSNR 损失<10%。其中, MPEG4 编码等级为 Advanced Real Time Simple Profile L0, 帧率在 30 fps 以内。

(2) 支持实时降分辨率转码

支持表 1 中 VGA 到 CIF, CIF 到 QCIF 的实时降分辨率转码, 并且 PSNR 损失<10%。其中, MPEG4 编码等级为 Advanced Real Time Simple Profile L0, 帧率在 30 fps 以内。

表 1 支持转换的分辨率

| 制式 | 数字电视 VGA(4CIF) | 移动媒体 CIF | 移动媒体 QCIF |
|------|----------------|----------|-----------|
| PAL | 704×576 | 352×288 | 176×144 |
| NTSC | 640×480 | 320×240 | 176×120 |

根据以上分析, 设计移动网络视频转码系统结构如图 2 所示。整个转码系统, 在模块化流媒体系统开发框架的基础上实现^[2]。

基金项目: 国家科技支撑计划基金资助项目(2006BAD10A07); 浙江省科技计划基金资助重大项目(2005C13020)

作者简介: 王海蓉(1982-), 女, 硕士研究生, 主研方向: 视频编解码; 邢卫, 副教授; 鲁东明, 教授、博士生导师

收稿日期: 2008-06-11 **E-mail:** wxing@zju.edu.cn

根据实验结果，制定了如下策略：预留 10% 的帧时间作缓冲，当前一帧转码时间超过帧时间的 90% 时，就降低一级，当前一帧转码时间低于 70% 时，就增加一级，来动态调整转码算法，在保证转码实时性的同时，最大程度地提高转码质量。

根据上述方法，本文设计了一种变结构、参数可调的延时控制降分辨率转码体系结构。该结构是在前述重量化降码率转码的结构基础上设计而成的，通过实时在线反馈，调整转码结构，在保证实时性和延时稳定的条件下提高转码质量。具体的体系结构如图 5 所示。

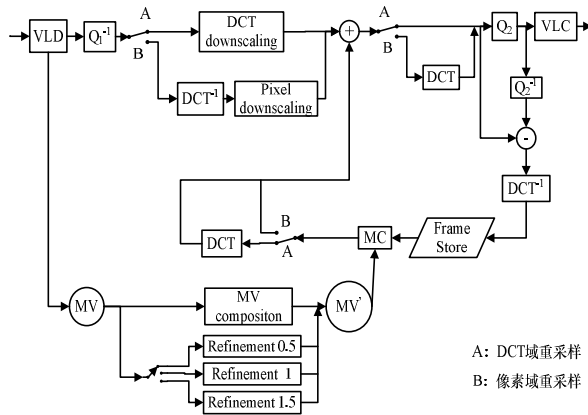


图 5 自动延时控制的降分辨率转码器结构

在图 5 中，选择开关 A 表示采用 DCT 域的重采样来实现宏块合并，选择开关 B 表示采用像素域的重采样来实现宏块合并。

在运动向量合成这一步，可以选择运动向量求精的窗口分别为 0(不求精), 0.5, 1 以及 1.5。根据表 4 中 5 个级别的算法组合，通过实时在线反馈信息，动态调整开关的选择，来达到延时控制的目的。

表 4 测试结果

| 转码类别 | 参数 | 转码器 | 平均 PSNR/dB | 平均每帧转码时间/ms |
|------|---------------------|------|------------|-------------|
| 降码率 | 4CIF | 本转码器 | 34.242 | 26 |
| | 1 Mb/s → 128 Kb/s | 级联 | 34.287 | 99 |
| | CIF | 本转码器 | 36.803 | 14 |
| | 800 Kb/s → 128 Kb/s | 级联 | 37.018 | 49 |
| 降分辨率 | 4CIF → CIF | 本转码器 | 25.382 | 14 |
| | | 级联 | 26.176 | 52 |
| | CIF → QCIF | 本转码器 | 26.676 | 6 |
| | | 级联 | 26.714 | 24 |

4 测试结果

为了测试降码率和降分辨率转码器的性能，本文以级联转码器为参照，设计离线测试过程如图 6 所示。在这个过程中分别计算每帧平均转码时间和每帧平均 PSNR 值，PSNR 测试工具为 MSU Video Quality Measurement Tool 1.4^[6]。测试结果见表 4。其中，4CIF 分辨率下选择 150 帧的 Bus Interview 序列为测试输入序列，CIF 分辨率选择 300 帧的 Foreman 序列为测试输入序列。其中，4CIF 分辨率下帧率设为 15 fps，CIF 分辨率下帧率设为 25 fps；MPEG-4 编码等级为 Advanced Real Time Simple Profile L0，1 帧间隔为 12。测试在 CPU P4

2.40 GHz，内存 1 GB DDR RAM 的 PC 机上进行。

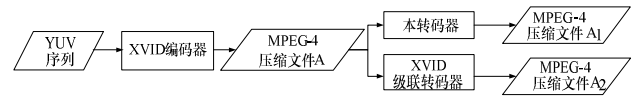


图 6 测试流程

降码率转码器的测试结果表明，在 CIF 格式下，重量化降码率转码器同级联转码器相比，平均 PSNR 下降 0.22 dB，约为 0.6%；平均每帧耗时为后者的 29%，达到了小于 1/25 s 的要求。在 4CIF 格式下，重量化降码率转码器同级联转码器相比，PSNR 下降 0.05 dB，约为 0.1%；平均每帧耗时为后者的 26%，达到了小于 1/15 s 的要求。

实时降分辨率转码器的测试结果表明，在 CIF 格式下，实时降分辨率转码器同级联转码器相比，PSNR 下降 0.04 dB，约为 0.2%；平均每帧耗时为后者的 25%，达到了小于 1/25 s 的要求。在 4CIF 格式下，实时降分辨率转码器同级联转码器相比，PSNR 下降 0.8 dB，约为 0.3%；平均每帧耗时为后者的 27%，达到了小于 1/15 s 的要求。

因此，重量化降码率转码器和实时降分辨率转码器的功能和性能，均达到了整个系统设计时对该转码模块的要求。

5 结束语

本文设计实现的面向移动网络的视频转码系统，通过高效的转码算法，提供纯软件的实时降码率和降分辨率转码质量损失少、实时性高、成本低、可扩展性和灵活性强。本文基于插件式模块化框架，提出了一套降码率、降分辨率实时转码技术方案，包括降码率、降分辨率转码框架、像素域合并算法、DCT 域合并算法、运动向量合成算法等；针对转码的实时性要求，特别提出了延时保证的自适应策略，解决了计算复杂性和转码质量均衡的关键技术问题，并据此实现了高效率的转码模块，达到了实时降码率、降分辨率转码的要求。

参考文献

- [1] Ahmad I, Wei Xiaohui, Yu Sun. Video Transcoding: An Overview of Various Techniques and Research Issues[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2005, 7(5): 793-804.
- [2] 管国辰, 邢卫, 鲁东明. 一种模块化的流媒体系统开发框架[J]. 计算机工程, 2007, 33(3): 215-217.
- [3] Vetro A, Christopoulos C, Sun Huiyang. Video Transcoding Architectures and Techniques: An Overview[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2003, 20(2): 18-29.
- [4] Lee Y R, Lin C W, Kao C C. A DCT-domain Video Transcoder for Spatial Resolution Downconversion[C]//Proceedings of the 5th International Conference on Recent Advances in Visual Information Systems. London, UK: Springer-Verlag, 2002.
- [5] BjoK N, Christopoulos C. Transcoder Architectures for Video Coding[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1998, 44(1): 88-98.
- [6] MSU Graphics & Media Lab(Video Group). MSU Quality Measurement Tool[EB/OL]. (2007-05-09). http://www.compression.ru/video/quality_measure/info_en.html.