

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2012 **6**
Vol.17 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2012年6月 第17卷 第6期(总第194期)

目次

综述

人脸图像的年龄估计技术研究 王先梅, 梁玲燕, 王志良, 胡四泉(603)

图像统计模型参数估计中的期望最大值算法 李旭超(619)

图像处理和编码

鲁棒的梯度驱动图像修复算法 叶学义, 王靖, 赵知劲, 陈华华(630)

快速去块效应的线性规划方法 金剑秋, 刘春晓, 王勋, 章志勇(636)

DWT-SVD 域全盲自嵌入鲁棒量化水印算法 叶天语(644)

Mean-shift 滤波和直方图增强的图像弱边缘提取 冀峰, 高新波, 谢松云(651)

图像分析和识别

梯度点对约束的结构化车道检测 王永忠, 王晓云, 文成林(657)

多水平外区抑制的轮廓检测 闫超, 张建州(664)

基于局部投影与块 LBP 特征的图像检索 邹彬, 潘志斌, 胡森(671)

图像理解和计算机视觉

视觉陌生度驱动的增量自主式视觉学习算法 瞿心昱, 姚明海, 顾勤龙(678)

霍夫空间中多足球机器人协作目标定位算法 许家铭, 解仑, 王志良, 倪善超(687)

计算机图形学

虚拟 CCD 线阵星载光学传感器内视场拼接 张过, 刘斌, 江万寿(696)

“第八届数字电视与无线多媒体通信国际论坛”会议专栏

追踪盗版者的抗共谋数字指纹 李晓强, 张煌, 赵洋洋, 汪晶晶(702)

LBP 与鉴别模式结合的热红外人脸识别 谢志华, 伍世虔, 方志军(707)

电影中复杂事件的检索与识别 杜吉祥, 郭一兰, 翟传敏(712)

方向特征和网格特征融合的离线签名鉴别 杨丹凤, 吕岳(717)

视觉关注度的立体图像质量评价 张艳, 安平, 张秋闻, 张兆杨(722)

低开销的异构数据交换 赵凯, 赵正德(726)

灵活的多视点视频编码预测结构 张艳, 蔡灿辉(730)

跨层反馈在无线视频自适应编码中的应用 王垚中, 郑世宝, 张重阳, 刘勃(736)

中国图象图形学报

刊名题字: 宋 健

月刊(1996 年创刊)

第 17 卷 第 6 期

2012 年 6 月 16 日出版

主管单位 中国科学院
主 办 中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所
主 编 李小文
编辑出版 《中国图象图形学报》编辑出版委员会
北京 9718 信箱 邮编 100101
电子信箱:jig@irsa. ac. cn
电话:010-64807995 010-82614429
网 址:www. cijig. cn
印刷装订 北京北林印刷厂
广告经营许可证 京朝工商广字第 0346 号
总 发 行 北京报刊发行局
订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
(中国国际书店)
(北京 399 信箱 邮编 100044)

Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Institute of Remote Sensing Application,
CAS China Society of Image and Graphics
Institute of Applied Physics and Computational
Mathematics
Chief editor LI Xiaowen
Editor, Publisher Editorial and Publishing Board
of Journal of Image and Graphics
(P. O. Box 9718, Beijing 100101, China)
E-mail:jig@irsa. ac. cn
Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers
and Journals
Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading Corporation
(P. O. Box 399, Beijing 100044, China)
Printed by Beijing Beilin Printing House

ISSN 1006-8961 CN11-3758/TB CODE ZTTFXZ 国内邮发代号: 82-831 国外发行代号: M1406 国内定价: 45.00 元

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 17 No. 6 June 2012

Contents

Review

- Age estimation by facial image: a survey Wang Xianmei, Liang Lingyan, Wang Zhiliang, Hu Siqian(603)
Expectation maximization method for parameter estimation of image statistical model Li Xuchao(619)

Image Processing and Coding

- Robust gradient driving image inpainting method Ye Xueyi, Wang Jing, Zhao Zhijing, Chen Huahua(630)
Fast image de-blocking by linear programming Jin Jianqiu, Liu Chunxiao, Wang Xun, Zhang Zhiyong(636)
Perfectly blind self-embedding robust quantization-based watermarking scheme in DWT-SVD domain Ye Tianyu(644)
Weak edge detection using Mean-shift filtering and histogram enhancement Ji Feng, Gao Xinbo, Xie Songyun(651)

Image Analysis and Recognition

- Gradient-pair constraint for structure lane detection Wang Yongzhong, Wang Xiaoyun, Wen Chenglin(657)
Contour detection based on multilevel inhibition Yan Chao, Zhang Jianzhou(664)
Image retrieval method based on local projection and block LBP feature Zou Bin, Pan Zhibin, Hu Sen(671)

Image Understanding and Computer Vision

- Visual novelty driven incremental and autonomous visual learning algorithm Qu Xinyu, Yao Minghai, Gu Qinlong(678)
Target localization algorithm for cooperative multi-soccer robots based on Hough space
..... Xu Jiaming, Xie Lun, Wang Zhiliang, Ni Shanchao(687)

Computer Graphics

- Inner FOV stitching algorithm of spaceborne optical sensor based on the virtual CCD line
..... Zhang Guo, Liu Bin, Jiang Wangshou(696)

Special Issue of the IFIC' 2011

- Anti-collusion fingerprinting scheme capable of tracing pirate Li Xiaoqiang, Zhang Huang, Zhao Yangyang, Wang Jingjing(702)
Infrared face recognition using LBP and discrimination patterns Xie Zhihua, Wu Shiqian, Fang Zhijun(707)
Recognize and retrieval complex events in real movies Du Jixiang, Guo Yilan, Zhai Chuanmin(712)
Off-line signature verification based on combination of direction feature and grid feature Yang Danfeng, Lv Yue(717)
Stereo image quality assessment based on visual attention Zhang Yan, An Ping, Zhang Qiuwen, Zhang Zhaoyang(722)
Low overhead of heterogeneous data exchange Zhao Kai, Zhao Zhengde(726)
Flexible prediction structure for multi-view video coding Zhang Yan, Cai Canhui(730)
Cross-layer feedback based adaptive coding for wireless video transmission
..... Wang Yaozhong, Zheng Shibao, Zhang Chongyang, Liu Bo(736)

中图法分类号: TP301.6 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2012)06-0736-04

论文引用格式: 王垚中, 郑世宝, 张重阳, 刘勃. 跨层反馈在无线视频自适应编码中的应用[J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(6): 736-739.

跨层反馈在无线视频自适应编码中的应用

王垚中¹, 郑世宝^{1,2}, 张重阳^{1,2}, 刘勃^{1,2}

1. 上海交通大学图像通信与网络工程研究所, 上海 200240;

2. 上海交通大学数字媒体处理与通信重点实验室, 上海 200240

摘要: 为提高压缩后视频在无线信道中的容错能力, 结合当前无线通信系统中广泛使用的自适应调制编码(AMC)技术和自动重传请求(ARQ)技术, 提出一种新的基于跨层反馈的自适应编码方案。利用该设计方案, 应用层可以利用底层的反馈信息感知到当前的信道变化并调整相应的码控策略来提高视频传输的鲁棒性。实验结果表明, 与没有利用跨层反馈的其他方法相比, 本文编码策略能提供更好的视频传输质量。

关键词: 无线视频传输; 自适应调制; 跨层反馈; 自适应调制编码(AMC); 自动重传请求(ARQ)

Cross-layer feedback based adaptive coding for wireless video transmission

Wang Yaozhong¹, Zheng Shibao^{1,2}, Zhang Chongyang^{1,2}, Liu Bo^{1,2}

1. Institute of Image Communication and Network Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China;

2. Shanghai Key Labs of Digital Media Processing and Communication, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China

Abstract: One cross-layer feedback based on video coding scheme is proposed in this paper, which applies both adaptive modulation coding (AMC) and automatic repeat request (ARQ) techniques to provide an adaptive wireless video coding solution. Within this method, timely channel-aware can be obtained by the feedback information from the PHY layer, and then the video encoder at application (APP) layer can take accurate rate control to adapt the channel's bandwidth varying. Experimental results showed that, compared to the existed scheme without feedback and channel-aware, the proposed method can get a significant improvement in Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) for wireless video transmission.

Key words: wireless video transmission; adaptive coding; cross-layer feedback; adaptive modulation coding (AMC); automatic repeat request (ARQ)

0 引言

随着无线通信及多媒体技术的飞速发展, 视频通信已经成为移动通信系统中的主要业务。然而任何无线通信系统都存在难以避免的误码问题, 由于无线信道具有易错、时变和带限的特点, 无线信道的误比特率(BER)要比有线环境大很多; 同时由于存在多径干扰、遮挡、小区切换等因素, 会引起误码率的波动, 导致分组信息可能在传输过程中被改变或

者丢失, 从而引起解码端明显的视觉失真。因此, 无线信道视频传输的鲁棒性是无线通信系统的关键, 如何保证视频通信质量成为了研究的热点。

传统的通信系统层次结构(OSI标准分层)能够很好的应用于有线网络, 但是并不能灵活适用于信道性能受衰落影响剧烈的无线移动信道。因此, 为了更好的适应信道变化, 研究人员提出了跨层设计^[1]的思想, 即充分利用各个协议层之间的依赖关系, 通过在层间传递信息来协调各层的工作, 实现对

收稿日期: 2011-09-26; 修回日期: 2011-12-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(61001147)

第一作者简介: 王垚中(1987—), 女, 上海交通大学电子工程系在读硕士研究生, 研究方向为无线视频自适应编码。E-mail: ritawang@

sjtu.edu.cn

系统资源联合优化,提高系统性能。

通过引入跨层设计,突破层层界限得到各级反馈信息,从而提升无线视频传输的鲁棒性。文献[2]提出一种结合链路层自动请求重传(ARQ)的信息在应用层选择性丢帧的方法,可以获得更高的视频传输质量,但这类方法并没有包含对物理层信息的利用。文献[3—5]提出一种物理层和链路层联合自适应方法,将自适应调制编码(AMC)和自动请求重传相结合,可以提供更高的频谱效率,但这类方法更多是得到物理层的优化,更高层即应用层相关编码策略并没有进行相应调整。

从目前的发展来看,H.264^[6]已经得到学术界和工业界的广泛认可,其中已经实现了很成熟的容错以及码率控制等技术。针对 H.264 视频在无线信道中的有效传输进行研究,并结合 AMC 和 ARQ 技术获取物理层及数据链路层的信息,将感知到的信道变化信息反馈到上级的应用层,在应用层控制码率输出以适应信道变化从而提升无线视频的传输质量。

1 本文算法

实验设计的整体框架如图 1 所示,通信传输系统层次结构,即 OSI 模型分为 7 层,包括物理层、数据链路层以及更高的 5 个层级(包含应用层)。主要利用物理层的自适应调制编码技术感知信道变化,并利用数据链路层的自动重传请求技术降低错误来实现可靠传输,通过二者结合将信道变化信息反馈到应用层做相应的编码策略调整以提高视频鲁棒性。

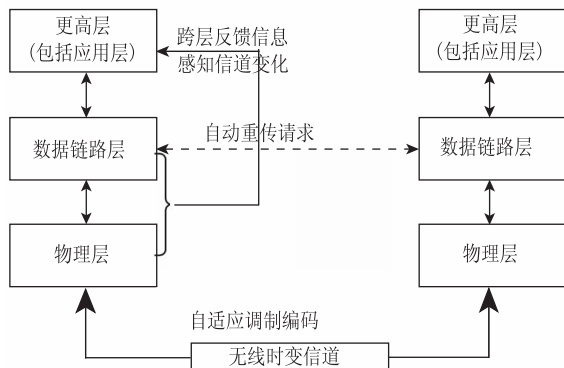


图 1 实验设计框架

Fig. 1 Scheme of the experimental design

1.1 物理层自适应调制编码

在当前的移动通信系统(如 HSDPA、LTE、WiMAX)中,通常将不同的编码和调制方式,组合成

若干种不同级别的调制编码方案(MCS)的集合,并根据信道条件从中选择最合适的 MCS。当信道条件良好时,用户采用更高级别的 MCS(即更高阶调制或更高的编码码率),反之用户降低 MCS 的级别。正是通过自适应调制编码技术,无线通信系统可根据从接收端反馈的信道状态信息,在发送端动态调整编码方式、调制方式等参数,以实现更高的数据吞吐率和频谱效率。

在物理层,选取 nakagami-m 信道模型

$$p_{\gamma}(\gamma) = \frac{m^m \gamma^{m-1}}{\bar{\gamma}^m \Gamma(m)} \exp(-\frac{m\gamma}{\bar{\gamma}}) \quad (1)$$

式中, m 是 Nakagami-m 信道的衰落参数,当 $m = 1$ 时,式(1)为 Rayleigh 分布;当 m 趋于无穷时,则逼近高斯分布。这里取 m 值为 1。

根据文献[4]可以得到当前物理层的丢包率拟合曲线

$$p(\gamma) \approx \begin{cases} 1 & 0 < \gamma < \gamma_n \\ a_n \exp(-g_n \gamma) & \gamma \geq \gamma_n \end{cases} \quad (2)$$

式中, n 是 AMC 模式的模式标号, $n = 1 \sim 6$, γ 是瞬时信噪比,当信噪比 $\gamma < \gamma_n$ 时,丢包率为 1, a_n 和 g_n 是曲线拟合参数。选取文献[3]中得到的拟合参数进行实验,以得出不同的信道条件下所对应的调制解调方式。

1.2 链路层自动重传请求

链路层中的自动重传请求技术通过重传丢失帧的方式实现可靠传输。采用限制最大重传次数 N_{max} 的截短 ARQ,当一个链路帧的重传次数超过 N_{max} 时,该链路帧将被丢弃。

假设丢包率为 p ,那么系统中每个数据包的重传次数期望,即平均重传次数为

$$\bar{N}(p, N_{max}) = 1 + p + p^2 + \dots + p^{N_{max}} = \frac{1 - p^{N_{max}+1}}{1 - p} \quad (3)$$

式中, N_{max} 为最大重传次数, N_{max} 与 \bar{N} 均为链路层级参数。

由于重传会造成一定的吞吐率的下降,如果引入重传机制,且物理层的当前吞吐率为 R (物理层级参数),那么应用层的发送速率需要调整为 $R/\bar{N}(p, N_{max})$,这样就可以避免数据包因重传不能及时发送导致的延迟。

1.3 缓存控制

实时视频编码的一项关键技术是缓存控制,它直接影响解码视频图像质量。本文用到动态调整码

率即码控技术,但是由于码率反馈有一定的滞后性,因此需要加上一个缓存控制策略来加强码率与当前信道匹配的实时性。

按照缓存的不同充盈度把缓存状态分成 3 种:处于上溢危险区,处于下溢危险区和处于安全区。用 M 表示缓存区总大小, λ 表示当前利用缓存区的大小,根据 λ 大小不同来调整应用层的发送速率,即

$$R'_a = \begin{cases} \alpha R_a & \lambda \leq \frac{1}{3}M \\ \beta R_a & \frac{1}{3}M < \lambda < \frac{2}{3}M \\ \delta R_a & \lambda \geq \frac{2}{3}M \end{cases} \quad (4)$$

为不失一般性,定义在缓存区的 $1/3$ 到 $2/3$ 之间的区域为安全区,大于 $2/3$ 则处于上溢危险区,小于 $1/3$ 则处于下溢危险区。 α 、 β 、 δ 的取值在后面的实验仿真中会有所说明。

1.4 具体实验步骤

通过以上分析,给出跨层自适应方法的步骤:

1) 根据当前信道状态选择相应的 MCS 调制编码方式,根据信道当前信噪比及吞吐率 R 利用式(2)计算出当前物理层的丢包率 p (物理层参数)。

2) 根据物理丢包率 p 和数据链路层最大重传次数 N_{max} 计算应用层丢包率 $p_a = p^{N_{max}+1}$ 。

3) 通过式(3)计算数据链路层每个数据包的重传次数期望 \bar{N} 。

4) 为避免数据包因重传不能及时发送导致的延迟,解决因重传造成的吞吐率的下降,调整发送端应用层的码率为

$$R_a = \frac{R}{N(p, N_{max})}$$

5) 引入缓存机制后,通过式(4)给出合适参数 α 、 β 和 δ ,调整发送端码率至 R'_a (应用层参数)。

6) 将 R'_a 的信息传递给发送端的应用层,调整应用层的码率控制参数以适应当前信道的变化。

2 仿真实验分析

选取 H.264/AVC 的参考模型 JM10.2^[7] 模拟出视频传输应用层端的环境,选用 3GPP/3GPP2 离线仿真器^[8] 模拟物理层、数据链路层以及无线信道,实验中采用 3GPP/3GPP2 推荐的标准误码样本来模拟真实的 3G 无线信道。为不失一般性,采用大多数移动基站都采用的重传次数限制 $\eta = 3$ 作为

实验的门限即数据链路层数据包的最大重传次数。缓存控制中参数设定取 $\alpha = 1$, $\beta = 1$, $\delta = 0.75$ 。仿真所用序列为 CIF foreman 序列,实验参数如表 1 所示。

表 1 实验参数设定
Table 1 Experimental parameters

Foreman	
帧率	30 帧/s
CODEC	H.264/AVC(10.2)
GOP 结构	IPPP...IPPP
GOP 长度	45 帧
初始码率	512(kbit/s)
码率控制	开

对本文跨层自适应编码方案进行实验仿真,其在不同的信道情况下采用不同的 MCS 对应信道变化并将当前信道变化的信息反馈给应用层实时调整码率控制方案。用于对比的算法(不引入 PHY-APP 跨层反馈为文献[2]中使用的)没有使用跨层设计感知信道变化,即不同的信道信噪比采用同一种调制编码方式 MCS。图 2、表 2 给出了实验仿真结果。

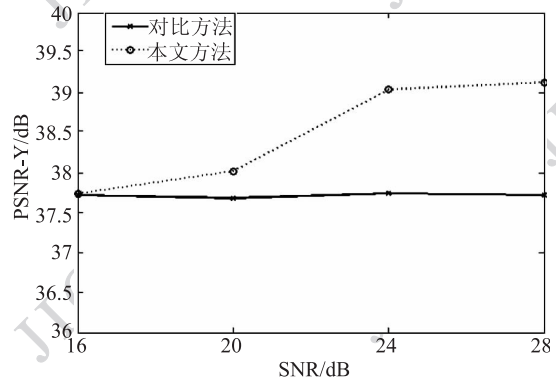


图 2 仿真实验结果
Fig. 2 Simulation result

表 2 平均 PSNR-Y 值的比较

Table 2 Comparison of average PSNR-Y

	SNR			
	16	20	24	28
对比方法	37.72	37.68	37.74	37.62
本文方法	37.74	38.02	39.04	39.13

实验在4种不同信道条件下进行,即信道SNR分别为16 dB、20 dB、24 dB、28 dB的情况。图2给出了在这4种信道条件下分别用对比方法和本文方法得出的最终视频的平均PSNR值。从图中可以看出,对比方法由于没有利用跨层反馈不能感知信道变化,在不同信道条件下视频传输质量都处于比较低的状态,即使在信道情况良好时(SNR > 24 dB),传输质量也几乎没有提升。而本文方法由于能够感知信道变化,在不同信道状况下选用了适合当前信道的传输码率,最终视频恢复的PSNR值整体有很明显的提高。从表2中也可看出使用本文方法得到的视频平均PSNR值有很大提升,在SNR为28 dB时会有1.5 dB左右的提升。

3 结 论

本文提出了一种基于跨层反馈的自适应编码策略,通过物理层的AMC技术感知当前信道变化并将此信息传递给应用层,实时地调整应用层的发送码率,做到了各层资源互通。实验结果表明,本文的方案优于没有利用跨层反馈信息且不可感知信道变化的编码方法。但是该算法也存在一些不足,比如未能更好地解决突发丢包问题。在今后的工作中应该进一步研究是否能利用底层信息调整应用层其他编码方案,进一步提高无线视频的传输质量。

参考文献(References)

- [1] Srivastava V, Motani M. Cross-layer design: a survey and the road ahead [J]. IEEE Communications Magazine, 2005, 43(12): 112-119.
- [2] Zhang C, Yu S, Yang H, et al. Cross-Layer frame discarding for cellular video coding [C]//Proceedings of Acoustics Speech and Signal Processing. Honolulu, Hawaii, USA: IEEE Signal Processing Society, 2007:777-780.
- [3] Fresia M, Perez-Cruz F, Poor H V, et al. Joint source and channel coding [J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2010, 27(6): 104-113.
- [4] Liu Q, Zhou S, Giannakis G B. Cross-layer combining of adaptive modulation and coding with truncated ARQ over wireless links [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2004, 3(5): 1746-1755.
- [5] Choi J Y, Shin J. Cross-layer error-control with low-overhead ARQ for H. 264 video transmission over wireless LANs [J]. Elsevier Computer Communications, 2007, 30(7): 1476-1486.
- [6] Stockhammer T, Hannuksela M M. H. 264/AVC video for wireless transmission [J]. IEEE Magazine on Wireless Communications, Special Issue: Advances in Wireless Video, 2005, 12(4): 6-13.
- [7] Heinrich-Hertz-Institute. JVT Reference Software Version JM10.2 [EB/OL]. (2011-01-06) [2011-08-01]. http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old_jm/jm10.2.zip.
- [8] ITU-T. Common test conditions for RTP/IP over 3GPP/3GPP2 [EB/OL]. (2002-06-15) [2011-07-28]. http://wftp3.itu.int/av-arch/video-site/0109_San/.