

基于小波理论的视频和图像压缩技术

Compression of Video-Images with Wavelet Application

刘国丽,姜颖,于丽梅

Liu Guoli, Jiang Ying, Yu Limei

(河北工业大学,河北廊坊 065000)

(Hebei University of Technology, Langfang, Hebei, 065000, China)

摘要:将小波理论应用于视频和图像的压缩是目前国内外十分重视的图像压缩技术。小波分析技术和多分辨分析理论改善了基于分块 DCT 变换的压缩编码技术的方块效应和飞蚊噪声的不足。小波理论将是未来视频和图像压缩标准的一项核心技术。目前基于小波变换的视频压缩算法主要可以分为基于空域运动补偿的小波视频编码(MC-DWT)、基于变换域运动补偿的小波视频编码(DWT-MC)和含运动补偿的三维小波视频编码(MC-3DWC),小波视频和图像压缩的发展及研究热点主要为小波图像压缩新技术的研究、运动补偿技术的研究、利用人的视觉生理特性进行小波视频和图像压缩的应用研究,以及小波视频压缩的应用研究。

关键词:小波变换 图像压缩 视频压缩 运动补偿

中图分类号:TN911.2

Abstract: The compression of video-images using wavelet theory is an important image compression technique. The techniques of wavelet analysis and multi-distinguishing analysis improve diamond-effect based on compression coding of separate-block DCT transform and fly-midge noise. The wavelet theory will be a core of video compression standard in the future. The algorithms of video compression based on wavelet transform includes MC-DWT, DWT-MC and MC-3DWC. The research hotspots of wavelet compression are the development of new techniques of wavelet image compression, movement compensation technique, application of wavelet video image compression in aid of human vision physiology and application of wavelet video compression.

Key words: wavelet transform, image compression, video compression, movement compensation

近十几年来,随着数据、语音和多媒体业务需求不断增加,人们对这些业务服务质量的期望越来越高,使得现有通信系统的性能和技术与大量多媒体数据的存储和传输成为瓶颈。为了使通信成为可能并尽可能地降低通信费用,对信号的压缩是必要的。近几年在诸如视频会议、可视电话、高清晰度电视、交互式电视和远程医疗等诸多商业应用的推动下,图像和视频的压缩技术受到了极大的重视。随着 Internet、电信网、广播电视网的逐步融合,图像和视频压缩编码也成为图像通信的中心问题之一。

1 小波理论将是视频和图像压缩标准的一项核心技术

图像和视频压缩中最常使用的工具是一种简化

了的 Fourier 变换——离散余弦变换 DCT 变换^[1,2]。基于分块 DCT 变换的压缩编码技术是已有图像和视频压缩标准的核心技术^[3~7],这主要源于:(1) DCT 具有良好的去相关性和能量压缩特性;(2) DCT 变换存在快速实现算法。但随着应用和研究的不断深入,分块 DCT 变换编码的缺点逐渐暴露出来,尤其在低比特率环境下,压缩图像不可避免地出现了方块效应和飞蚊噪声。这是因为一般情况下图像信号是高度非平稳的,很难用 Gauss 过程来刻画,并且图像中的一些突变结构例如边缘信息远比图像平稳性重要,用余弦基作图像信号的非线性逼近其结果不是最优的。数学界和工程界在共同研究数据表示技术的过程中所发展起来的小波分析技术和多分辨分析理论^[8,9],摒弃了传统 Fourier 分析所必须的前提假设——平稳性,成为分析非平稳信号的有力工具。它的出现引导我们从新的视角去研究信号

压缩、噪声滤波等信号处理问题:一方面,由于小波基的紧支性和小波分解的多尺度结构,非线性小波逼近实质上等价于一个自适应的网格逼近,网格的分辨率在信号奇异点的邻域内被适当加细了;另一方面,由于小波基的无条件基特性,使它成为一大类信号的非线性逼近的最优基,许多信号在小波基的表示下,都可以获得稀疏的表示式。因此,自20世纪80年代小波技术诞生以来,伴随着小波理论研究的不断深入,在小波理论的指导下基于小波的图像应用研究取得许多成果,这些成果正逐步标准化,汇集成拟定中的工业标准——JPEG2000^[10]。在此背景下,小波视频压缩技术已成为当前视频压缩的研究热点,基于小波的视频压缩技术将是视频和图像压缩标准的一项核心技术。

2 基于小波变换的视频和图像压缩新技术

近年来随着小波图像压缩应用研究的深入,各种类型的小波图像编码器相继提出,其中EZW编码器、SPIHT编码器、EBCOT编码器等因其卓越的性能常常被用作比较标准。这些算法都成功地运用各自不同的具有创新性的策略,更好地组织和表示了塔式结构的小波系数,从而有效地利用了小波系数所具有的统计特性。总结起来,这些算法主要利用了以下几种技术:(1)空间小波树^[11,12];(2)比特面编码技术^[11~13];(3)基于上下文的自适应算术编码技术^[13,14]。目前出现的基于小波变换的视频压缩算法主要可以分为以下几种不同类型。

(1)基于空域运动补偿的小波视频编码(MC-DWT)。MCDWT视频编码方案是采取空域运动估计和运动补偿技术消除时间冗余,然后使用整域小波变换消除空间冗余。与传统的基于DCT的混合编码的主要差别在于对补偿帧差的处理上,它是用整域小波变换代替分块DCT变换。近来基于空域运动补偿的混合小波视频编码广泛采用重叠块运动补偿技术,不仅可以有效地消除方块效应,而且能够有效地降低补偿帧差的能量,提高运动补偿效率,极大改善视频编码。这类编码器在低比特的压缩性能上,无论主观品质还是客观品质大都超出H.263编码器性能。

1996年,David Sarnoff研究中心的研究人员在EZW算法基础上,提出了一个基于小波域空间分块的自适应系数单次量化编码和优化算术熵编码的“零树熵编码”(ZTE)^[15]视频图像压缩算法。其压缩效率比EZW有了很大的提高,它的最大优点在于

可以支持基于对象编码和空间可扩展编(解)码,实现MPEG-4的部分功能。后来D. Marpe和L. Cycon^[16]在进一步优化信源分离、改进零树映射和使用局部自适应熵编码等予编码处理基础上提出了一个PACC小波视频压缩编码算法。他们针对低码率图像压缩条件,对零树的失效性作了进一步分析和处理,使PACC视频编码器的性能比ZTE视频编码器的性能有了进一步的提高。

Vass^[17]等则将SLCC图像压缩编码器推广到传统的混合视频编码方案中。SLCC算法采用与零树编码器类似的方法对相邻频带间的重要系数进行父子连接以此提高编码效率,其压缩性能比ZTE视频编码器的性能有了显著的提高。

(2)基于变换域运动补偿的小波视频编码(DWT-MC)。DWT-MC视频编码方案是先使用整域小波变换消除空间冗余,再通过小波域的运动估计和运动补偿技术消除时间冗余,最后对变换域的补偿残差进行小波压缩编码。

由于小波变换不具有空间平移不变性,在小波变换域内由于无法精确界定相邻帧间的平移运动而导致的大量误配预测,大大地削弱了运动补偿效果,因此,最初由Y. Q. Zhang^[18]提出的基于小波域的运动补偿视频编码器只适用于中高比特率的视频图像压缩,低码率条件下的压缩性能极差。最近H. W. Park^[19]提出一种改进的小波域运动估计和运动补偿技术,即所谓基于低频子带平移方法的运动估计(LBS-ME)。其小波域估计的搜索对象集实质上是一个未执行下抽样的二进小波变换集,小波域的运动估计等价于空域的全域搜索。由于小波基的有限支撑性,它的估计效果达到了最佳。LBS-ME方法比空域的运动估计和小波域的直接运动估计都要好得多,但这种改进方法也存在一个严重的缺陷——它需要较多缓冲帧存,而且匹配搜索的时间较长。

要提高这类编码器压缩性能,应设法适当减小小波域的搜索匹配集合,优化小波域的运动估计策略,提高小波域运动估计速度。

(3)含运动补偿的三维小波视频编码(MC-3DWC)。基于三维小波变换的视频编码是二维空间小波图像压缩向三维视频空间的推广。由于三维小波变换的视频编码器在支持容错和可扩展码流输出方面的显著特性,它一直是国外的研究热点之一。这类算法的研究已初见成效,在高码率压缩条件下性能优于MPEG2,但在低码率压缩条件下,与H.263相比效果不是非常明显。

3 小波视频和图像压缩的发展及研究热点

总起看来,目前小波视频压缩技术远不及小波图像压缩技术成熟。这不仅仅因为小波视频压缩技术的进展有赖于小波图像的研究和信号维数的提高,还由于视频压缩的应用背景与图像压缩的应用背景的不同。由于视频应用实时性的原因,视频压缩算法要对算法的复杂度和压缩效率作综合考虑。实际上,推动小波视频压缩研究不断深入主要有两个技术因素:一个是小波图像压缩技术研究,另一个是运动补偿技术研究。从目前业界研究水平来看,下面几个研究热点在未来一段时间仍将继续。

3.1 小波图像压缩新技术的研究

小波图像压缩技术虽然已经取得了很多成果,但目前尚无一种方法可以利用小波系数的所有统计特性,目前这些成功的算法都只是侧重对一部分统计特性的利用,另外部分研究已证明小波压缩同其他技术如分形压缩技术^[20]和矢量量化技术^[21,22]的结合也会产生更高效的压缩性能。数学形态学近来在视频和图像压缩中已显示出了相当的成功,但这些算法还有待进一步深入研究。当然小波理论自身的发展也是推动小波图像和视频压缩的重要因素。因此,小波图像压缩新技术的研究,在目前和未来很长一段时间内仍将是图像和视频压缩应用研究的热点。

3.2 运动补偿技术的研究

作为视频压缩核心技术之一的运动补偿技术,近几年取得了很大的进展,但在某些方面还有待提高,例如:基于混合方案的小波视频编码器的空域运动补偿技术目前只是对传统混合视频编码器的简单继承,缺乏针对性;对小波变换域的运动补偿技术还有待于进一步研究,在算法复杂度和匹配精度方面作出适当折衷;三维小波的运动补偿目前的研究不够深入,应用也仅限于对传统匹配方法的简单应用,如果能够有效地提高对运动矢量的编码,有望提高这类编码器在低码率的压缩性能。

3.3 利用人的视觉生理特性进行小波视频和图像压缩的应用研究^[23]

人对视频图像的主观评价明显不同于对图像的主观评价,由于每帧视频在视场中暂留时间极短,人脑接受的是帧更新的动态信息,因此,考虑人脑的视频和图像认知结构的生理特征也可能提高目前的小波视频和图像压缩的性能。

3.4 小波视频压缩的应用研究^[15~19]

今后一段时间小波视频压缩应用研究将沿着不同方向进行,(1)面向甚低比特率的应用研究;(2)面向中高比特率的应用研究;(3)支持高度可扩展应用研究。

由于视频处理所要求的实时性缘故,视频压缩编码研究一般都是根据特定的应用环境在算法的复杂度和压缩性能作适当的折衷处理。目前在面向低比特率的应用研究中,MC-DWT小波视频压缩方案取得了比较满意的效果,下一步的研究应该集中在进一步扩展其处理功能,如增加帧率可扩展功能和空间可分级功能等以满足实际应用的需要。在面向中高比特率的应用研究中,MC-DWT和DWT-MC方案都显示出很好的压缩效果,但目前存在的主要问题在于这些算法的扩展功能不强,尚不能满足实际应用的需要。目前最大的困难是第三类视频压缩编码的应用研究,广泛的商业应用,如视频数据浏览、远程医疗、远程教育、远程购物、多级多点视频会议以及交互式多媒体应用等急需支持高度可扩展视频压缩编码的出现,因此,这类视频编码算法有着广泛的市场前景。

4 结束语

小波基的时频局部化特性和小波变换的多尺度展开结构使得基于小波的图像和视频压缩编码不仅具有良好的率失真特性,而且更容易实现压缩码流的全伸缩特性。因此,随着网络通信的融合,基于小波的图像和视频压缩编码在未来将会显示出技术优越性。

参考文献:

- 1 沈兰芯. 图像压缩与异步传输. 北京:人民邮电出版社, 1998.
- 2 A M Takalp. Digital Video Processing. New York:Prentice-Hall Inc, 1996.
- 3 ITU-T. Recommendation H. 261.
- 4 ITU-T. Recommendation H. 262 ISO/IEC13818-2;1996.
- 5 ITU-T. Recommendation H. 263.
- 6 ITU-T. Recommendation H. 264.
- 7 T Sikara. MPEG digital video-coding standards;delivering picture-perfect compression for storage, transmission, and multimedia application. IEEE Signal Processing Magazine, 1997, 14(5):82~100.
- 8 Mallat S. A Wavelet Tour of Signal Processing. Boston: Academic Press, 1998.

- 9 Donoho D, Johnstone I. Ideal spatial adaptation via wavelet shrinkage. *Biometrika*, 1994, 81: 425~455.
- 10 JPEG 2000 Part I Final Committee Draft Version 1.0.
- 11 Shaprio J M. Embedded image coding using zerotree of wavelet coefficients. *IEEE Trans on Signal Processing*, 1993, 41(12): 3445~3462.
- 12 Said A, Peadman W A. A new, fast, and efficient image code based on set partitioning in hierarchical trees. *IEEE Trans on Circuits and System for Video Tech*, 1996, 6(3): 243~250.
- 13 Witten H I, Neal R M, Cleary J G. Arithmetic coding for data compression. *IEEE Trans on Image Processing*, 2000, 9(7): 1158~1170.
- 14 Chai B B, Vass J, Zhuang X. Significance linked connected component analysis for wavelet image coding. *IEEE Trans on Image Processing*, 1999, 8(6): 774~784.
- 15 Martucci S A, Sodagar I, Chiang T, et al. A zerotree wavelet video coder. *IEEE Trans on Circuits and System for Video Tech*, 1997, 7(1): 109~118.
- 16 Marpe D, Cycon H L. Very low bit-rate video coding using wavelet-based techniques. *IEEE Trans on Circuits and System for Video Tech*, 1999, 9(1): 85~94.
- 17 Vass J, Chai B B, Palaniappan K, et al. Significance-linked connected component analysis for low bit-rate wavelet video coding. *IEEE Trans on Circuits and System for Video Tech*. 1999, 9(4): 630~647.
- 18 Zhang Y Q, Zafar S. Motion-compensated wavelet transform coding for color video compression. *IEEE Trans on Circuits and System for Video Tech*, 1992, 2(3): 285~296.
- 19 Park H W, Kim H S. Motion estimation using low-band-shift method for wavelet-based moving-picture coding. *IEEE Trans on Image Processing*, 2000, 9(4): 577~587.
- 20 Li J, Kuo C C J. Image Compression with a hybrid wavelet fractal coder. *IEEE Trans on Image Processing*, 1999, 8(6): 868~874.
- 21 Jafarkhani H. Wavelet coding of images: adaptation scalability and transmission over wireless channel. USA: CSHCN University of Maryland, 1997.
- 22 Voukelatos S P, Soraghan J J. Very low-bit color video coding using adaptive subband vector quantization with dynamic bit allocation. *IEEE Trans on Circuits and System for Video Tech*, 1997, 7(2): 424~428.
- 23 Gu J. 3D wavelet-based video coded with human perceptual model. USA: CSHCN University of Maryland, 1999.

(责任编辑: 邓大玉)

邻苯二甲酸酯危害严重

德国研究协会日前发布新闻公报说,该协会资助德国埃朗根—纽伦堡大学进行的专项研究结果表明,人体对邻苯二甲酸酯类化学物质的摄入量远比原先预测的多,儿童尤其如此。

邻苯二甲酸酯类化合物主要广泛用作塑料和橡胶等的增塑剂,全球邻苯二甲酸二乙酯的年产量达 200 万吨,其中 90% 用作增塑剂,许多化妆品和纺织品的生产也离不开邻苯二甲酸酯。近年来,科学家怀疑这类化合物会干扰人体内分泌,损害生殖和发育。但一直以来,人们对人体一般会从环境中吸收多少邻苯二甲酸酯并不清楚。

此次的研究测试结果显示,在某些情况下,人体对邻苯二甲酸酯的摄入量甚至超过了每日允许吸收的最大剂量。专家认为,环境中残留和积累的邻苯二甲酸酯普遍存在,人体主要通过食品和空气两种途径吸收。

目前,越来越多的权威科学家和国际研究小组已认定,过去几十年来男性精子数量持续减少、生育能力下降与吸收越来越多的邻苯二甲酸酯有关。此外,男性睾丸癌和生殖器官发育不良也与这种化学物质有关。

埃朗根—纽伦堡大学的这项研究结果不仅在科学界,而且在德国和欧洲官方机构中产生了很大反响,欧盟委员会下属的一个专家小组已肯定了这一研究成果。

研究人员表示,在重新认定邻苯二甲酸酯类物质导致的健康风险过程中,新生儿和儿童必须优先保护,因为他们的体内激素对这类化学物质反应尤其敏感。

(据《科学时报》)