

一种新的二值图像自适应跳块编码

刘勇, 尹立新, 赵洋

(山东大学信息科学与工程学院, 济南 250100)

摘要: 跳白块编码利用二值图像白色区域居多的特征, 对白像素信息进行大幅缩减获得低比特率, 但由于未对黑像素进行压缩, 因此对于黑色较多的二值图像压缩比不高。针对此问题, 提出一种新的自适应跳块编码, 对图像中黑像素较多的扫描行采用跳黑块编码, 对黑像素进行压缩。实验证明, 该方法用于黑像素较多的二值图像时也能达到较高的压缩比。

关键词: 二值图像; 跳白块; 比特率; 自适应

New Adaptive Block Skipping Coding of Binary Image

LIU Yong, YIN Li-xin, ZHAO Yang

(School of Information Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250100)

【Abstract】 White Block Skipping(WBS) coding, which uses the character that binary images contain a large amount of white area, can make a great decrease in the information of white pixels to get low bit rate. But the compressing multiples of images those contain more blacks are not good because black pixels have not been compressed. This paper proposes a better way called adaptive block skipping for this limitation. The new approach will do compression also to the blacks by the new adaptive black block skipping in the scan lines those have more black than white. Experiments show that better multiples can be gotten by using this new method to images those contain much more blacks.

【Key words】 binary image; White Block Skipping(WBS); bit rate; adaptive

二值图像(binary image)作为一类特殊的灰度图像, 在图像处理和通信编码领域中占据重要的地位。许多文本文件、工程图、传真、报纸等都可以看成是二值图像, 它们的大量存在及传输需求使人们对二值图像无损压缩的研究更具意义。常用的无损压缩方法有游程编码、跳白块(White Block Skipping, WBS)编码、矩形编码等。其中, WBS 编码的基本思想是跳过白色区域, 只传输黑像素信息, 从而减少传输用的比特数。本文针对 WBS 编码由于忽略黑像素而导致的缺陷提出改进方法, 在保持算法复杂度基本不变的前提下进一步提高二值图像的压缩效率。

1 跳白块编码方法简介

一维跳白块编码^[1-2]方法为: 将二值图像的各扫描行分成若干块(block), 每块 N 个像素。对于全白像素的块, 用 1 比特码字“0”表示, 这是因为出现白像素的概率大, 所以分配最短的一个码字。对于至少含有一个黑像素的块, 用 $N+1$ 比特码字表示: 第 1 个比特为“1”, 称为前缀码; 其余 N 比特采用直接编码, 白像素为“0”, 黑像素为“1”。例如 $N=4$ 时, 若某行部分像素的直接编码为

1110 0000 0000 0011 1000 0000 0000 1111 0000

那么对应的一维 WBS 编码为

11110 0 0 10011 11000 0 0 11111 0

使用这种编码后, 原图像平均每个像素的比特数, 即比特率 b_N 为

$$b_N = \frac{1}{N} [p_N \times 1 + (1 - p_N) \times (N + 1)] = 1 - \frac{1}{N} - p_N$$

其中, p_N 是某块为全白的概率, 通过对码字的统计得到。 b_N 越小, 压缩性能越好。

一维 WBS 可以推广到二维, 整个图像分成若干大小为 $M \times N$ 像素的块, 某块为全白像素时用 1 比特“0”表示; 非

全白块用 $1+MN$ 个比特码字表示: 一个前缀比特“1”, 其余 MN 比特采用直接编码。本文主要研究一维编码, 下面出现的 WBS 均指一维。

多年来, 研究人员对上述方法进行了一些改进。例如, 针对包含大量全白像素行的一类图像, 文献[3]作了改进: 整条全白的行用 1 比特“0”表示; 非全白的行用前缀码“1”后紧跟普通 WBS 码表示。该方法的比特率为

$$b'_N = b_N \times (1 - p_F) + \frac{p_F}{K}$$

其中, b_N 为对所有非全白行进行 WBS 编码的比特率; p_F 为全白行数与总行数的比值; K 为每行的像素数。文献[4]提出了适用于所有二值图像的复杂自适应方案, 对每行进行分块时采用分级处理, 该自适应编码使比特率得到进一步下降, 但实现设备比较复杂。还有其他一些改进算法^[5], 本文不再详述。

2 自适应跳黑块编码

2.1 跳白块编码的局限

如前所述, 基本的跳白块编码及其改进算法用于白色区域占大部分的二值图像时, 能达到相当好的压缩效果, 而且复杂度不高。但由于它们没有对黑色区域进行压缩, 因此对于那些黑色像素较多的图像, 压缩比不高, 从而使编码的整体性能受到影响。

2.2 跳黑块编码的引入

跳白块方法最好也能应用于黑色像素较多的二值图像,

作者简介: 刘勇(1983—), 男, 硕士研究生, 主研方向: 数字信号处理, 数字图像处理, 图像编码; 尹立新, 高级工程师; 赵洋, 硕士研究生

收稿日期: 2008-12-12 **E-mail:** liu_0658@yahoo.com.cn

并且达到好的压缩效果。基于这一点，在对黑色像素较多的扫描行进行编码时，对编码方法作了改动：如果行中某块 N 像素全为黑，则该块用 1 比特码字 0 表示。如果至少有 1 个像素为白，则用 $N+1$ 比特码字表示：首比特为前缀码“1”，其余 N 比特采用直接编码。

本文将这种编码处理称为跳黑块(Black Block Skipping, BBS)编码。在逐行对图像进行 WBS 编码时，对黑像素较多的行用跳黑块编码替代。将整个编码过程称为二值图像的自适应跳块(Adaptive Block Skipping, ABS)编码。编码步骤如下：

(1)统计当前行的白、黑像素数量。如果黑像素数为 0，则转入下一步；如果白像素多于黑像素，则跳至(3)；如果黑像素多于白像素，则跳至(4)。

(2)用 1 比特码字“0”表示该行，跳至(5)。

(3)进行跳白块编码，并在末码字后添加标志位“0”，跳至(5)。

(4)进行跳黑块编码，并在末码字后添加标志位“1”，进入下一步。

(5)判断是否为最后一行，如是则进入(6)；否则，对下一行编码，跳至(1)。

(6)结束。

采用这种自适应地为不同行选择跳白块或跳黑块的编码方法，虽然影响了某些连续白色小区域的压缩效果，但是增加了对黑色像素的处理，实现了连续黑色区域的大幅压缩，因此，整个二值图像的压缩效率得到了提高。

解码时，对于非 0 码字行，根据行末的标志位是“0”还是“1”进行相应的 WBS 解码或 BBS 解码；如果整行只有一个码字“0”，则该行恢复为全白行。

2.3 码字的进一步压缩

以上提出的编码方法对二值图像的白像素和黑像素同时进行了压缩。在此基础上，还可以采取一些二次编码方案，进一步提高压缩性能。

以 $N=8$ 为例，观察上述方法编码的结果可以发现：在用跳白块编码的行中会出现经常连续的、码字为“11111111”的块；而在用跳黑块编码的行中会出现经常连续的、码字为“10000000”的块。这是因为在白像素居多的行中存在连续的黑点；同样在黑像素居多的行中存在连续的白点。如果把这 2 种出现频率比较高的码字用最简短的码字代替，会使最终编码的比特率进一步减小。因此，在进行 ABS 编码后，将“11111111”，“10000000”2 种块码字均用 1 比特码字“1”代替。这种方法称为改进的 ABS 编码。

解码时先进行一步预解码：对于非 0 的码字行，如果行末的标志位为“0”（即跳白块），则先将块码字“1”替换为“11111111”；如果标志位为“1”（即跳黑块），则先将块码字“1”替换为“10000000”，然后进行正常的解码。

3 实验仿真及分析

图 1~图 6 所示的 6 幅尺寸均为 512×512 像素的二值图像为待编码图像，其中，图 1、图 3、图 4 黑像素较少；图 2、图 5、图 6 有较多连续黑色区域或黑色扫描行，用 Matlab 6.5 进行实验仿真。块大小取 $N=8$ ，分别用文献[1]的基本 WBS 方法、文献[3]的改进 WBS 方法、本文提出的 ABS 算法及其改进算法进行无损压缩编码。编码前原图像的比特数均为 262 144 bit(每个像素 1 bit)，编码后的比特数和比特率如表 1 所示。

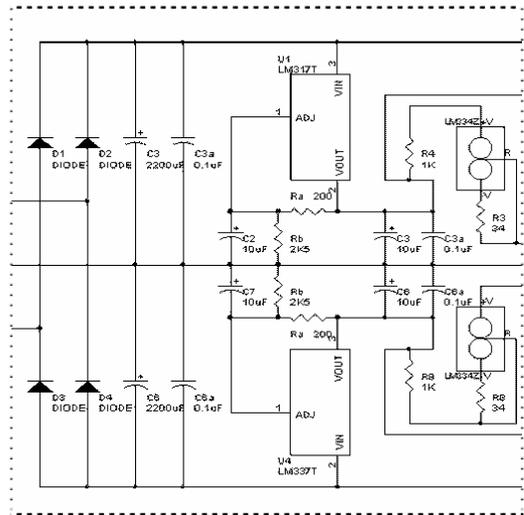


图 1 待编码的二值图像 circuit 1

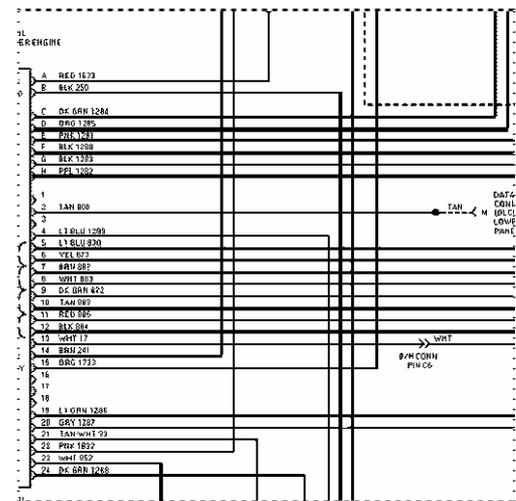


图 2 待编码的二值图像 circuit 2

In Digital Image Processing, there are two different domains in the spatial domain and frequency domain. The term spatial domain refers to itself, and methods in this category are based on direct manipulations on image. It has two important categories of spatial domain processing: spatial filtering, which is also referred to as neighborhood spatial convolution. We will try to implement a spatial filtering by w with Matlab and simulate, and here we fix the size of the spatial mask. We will use the filtering we have implemented to enhance an image. Initial image and the one after enhancement.

Digital image processing is an area characterized by the need experimental work to establish the viability of proposed solutions to a problem. The field of digital image processing refers to processing digital images on a digital computer. Note that a digital image is composed of a finite number of elements, each of which has a particular location and value. These elements are called picture elements, image elements, pixels, and pixels. Pixel is the term used to denote the elements of a digital image. As we know, spatial domain operations operate directly on the pixels of an image.

The center of the region is moved from pixel to pixel starting, say,

图 3 待编码的二值图像 text



图 4 待编码的二值图像 answer paper

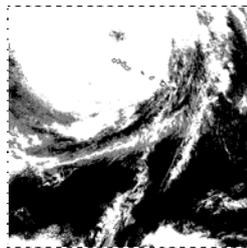


图5 待编码二值图像 seal cutting 图6 待编码二值图像 cloud

表1 4种编码的比特数及比特率比较

		图1	图2	图3	图4	图5	图6
基本 WBS	比特数/bit	82 064	108 336	129 272	93 040	185 144	202 496
	比特率/(bit·pel ⁻¹)	0.313 0	0.413 3	0.493 1	0.354 9	0.706 3	0.772 5
改进的 WBS	比特数/bit	78 410	108 336	120 011	81 826	185 018	202 496
	比特率/(bit·pel ⁻¹)	0.299 1	0.413 3	0.457 8	0.312 1	0.705 8	0.772 5
ABS	比特数/bit	76 979	81 800	120 523	82 338	158 250	146 392
	比特率/(bit·pel ⁻¹)	0.293 7	0.312 0	0.459 8	0.314 1	0.603 7	0.558 4
改进的 ABS	比特数/bit	74 619	78 096	120 451	78 266	92 354	128 784
	比特率/(bit·pel ⁻¹)	0.284 6	0.297 9	0.459 5	0.298 6	0.352 3	0.491 3

仿真结果验证了前述理论：基本的 WBS 编码方法对黑色区域较多的图 5、图 6 压缩效果不好，比特率仍有 0.706 3 和 0.772 5；对于包含白色扫描行的图 1、图 3、图 4，改进的 WBS 方法提高了编码的比特率，压缩效果得到一定程度的改善，但对其他不包含(或包含极少)整条白色扫描行的图 2、图 5、图 6 没有作用。本文的自适应跳块编码算法使图 2、图 5、图 6 编码后的比特率与 WBS 相比有了明显的下降，分别降低了 0.101 3, 0.101 6, 0.214 1；而改进的 ABS 方法使比

(上接第 215 页)

系数去噪方法相比，所提出的相关系数在高频子带能较好地刻画边缘，保留更多纹理信息，提高信噪比。在基于相关性的图像去噪中，纹理和噪声都属于相关性较弱的部分，在去噪时，未能较好区分纹理与噪声，这也是下一步的研究方向。

参考文献

- [1] Mallat S, Zhong Sifen. Characterization of Signals from Multiscale Edge[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligent, 1992, 4(7): 710-732.
- [2] Xu Yansun, Weaver J B, Healy M. Wavelet Transform Domain Filters: A Spatially Selective Noise Filtration Technique[J]. IEEE

(上接第 218 页)

- [10] 刘兰锋, 刘全新, 雍学善, 等. 基于广义 S 变换的低频瞬态能量谱油气检测技术[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(2): 238-241.
- [11] Su Cheol Kang, Seung Hong Hong. Design of Nonlinear Filter for Echocardiographic Images on Wavelet-based Method[C]// Proceedings of IEEE ICIP'01. Beijing, China: [s. n.], 2001: 408-413.
- [12] Su Cheol Kang, Seung Hong Hong. A Speckle Reduction Filter Using Wavelet-based Methods for Medical Imaging Application[J]. Digital Signal Processing, 2002, 18(2): 1169-1172.
- [13] Zong Xuli, Laine A F, Geiser E A. Speckle Reduction and Contrast Enhancement of Echocardiograms via Multi-scale Nonlinear Processing[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2000, 19(4): 532-540.
- [14] Yong Yue, Croitoru M M, Bidani A, et al. Ultrasonic Speckle Suppression Using Robust Nonlinear Wavelet Diffusion for LV

特率又分别下降了 0.014 1, 0.251 4, 0.067 1。同时, ABS 编码用于图 1、图 3、图 4 时比特率并没有降低, 反而增加了, 这是因为黑色像素比特数没有得到压缩, 而每个非全白块和每行码字末尾却额外添加了标志位。由以上分析可见, ABS 编码能用于黑色区域同样占有较多比例的二值图像, 并使编码的比特率大幅降低, 增加了跳白块编码方法的应用范围, 提升了压缩效率。

4 结束语

本文在传统跳白块编码的基础上, 提出对部分行采用跳黑块编码使压缩倍数更高。这种方法不限于白色区域居多这一前提条件, 因此, 适用于更多的二值图像。研究自适应分块, 探究 N 的取值与比特率的关系及寻找更理想的编码是今后工作的重点。

参考文献

- [1] DeCoulon F, Kunt M. An Alternative to Run-length Coding for Black-and-white Facsimile[C]//Proc. of Zurich Seminar on Digital Communications. Zurich, Switzerland: [s. n.], 1974.
- [2] Horlander F J. Incremental Scanning for Facsimile[J]. IBM Tech. Disclosure Bull, 1972, 14(11): 3311-3313
- [3] Huang Tong, Hussain A. Facsimile Coding by Skipping White[J]. IEEE Transactions on Communications, 1975, 23(12): 1452-1460.
- [4] 姚立栋, 毕厚杰, 王兆华, 等. 图像编码基础[M]. 3 版. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [5] 黄扬名, 潘伟. 二值图像变长跳白块压缩方法[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 1995, 34(2): 169-172.

编辑 张正兴

Transactions on Image Processing, 1994, 3(2): 747-758.

- [3] Crouse M S, Nowak R D, Baraniuk R G. Wavelet-based Signal Processing Using Hidden Markov Models[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 1998, 46(4): 886-902.
- [4] Shin G S, Kang M G. Wavelet-based Denoising Considering Interscale and Intrascale Dependences[J]. Optical Engineering, 2005, 44(6): 1-9.
- [5] Jaffard S. Beyond Besov Spaces Part 2: Oscillation Spaces[J]. Constructive Approximation, 2005, 21(1): 29-61.

编辑 金胡考

Volume Quantification[C]//Proceedings of the 26th Annual International EMBS Conference. [S. l.]: IEEE Press, 2004: 1609.

- [15] Evans A N, Nixon M S. Biased Motion-adaptive Temporal Filtering for Speckle Reduction in Echocardiography[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 1999, 18(1): 39-50.
- [16] Yu Yongjian, Acton S T. Speckle Reducing Anisotropic Diffusion[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2002, 11(11): 1260-1270.
- [17] 张明强, 孙丰荣, 姚桂华, 等. 实时心肌声学造影定量分析系统的研制及临床应用[C]//中国电子学会第十一届青年学术年会. 北京, 中国: [出版者不详], 2005: 816-819.
- [18] Wei Kan, Jayaweera A R, Firoozan S, et al. Quantification of Myocardial Blood Flow Using Ultrasound-induced Destruction of Microbubbles Administered as a Contrast Venous Infusion[J]. Circulation, 1998, 97(5): 473-483.

编辑 张正兴

