

离散余弦变换在图像压缩算法中的研究

冯 飞 刘培学 李晓燕 严楠彬
(青岛黄海学院 青岛 266427)

摘 要 随着通信技术的发展,图像的压缩技术日益受到人们关注。主要研究了利用离散余弦变换(DCT)技术对图像进行压缩,通过 Matlab 仿真分析了利用 DCT 技术进行图像压缩的优点。首先介绍 DCT 的原理及图像压缩的必要性,通过 Matlab 仿真深入了解 DCT 理论;然后利用 DCT 进行图像压缩,并进行霍夫曼编码分析。通过 Matlab 仿真进行 DCT 图像压缩后的效果对比,结果表明,采用 DCT 压缩图像时在高比特率下能取得较好的效果。

关键词 DCT,图像压缩,Matlab

中图分类号 TN911.4 文献标识码 A

Research of Discrete Cosine Transform for Image Compression Algorithm

FENG Fei LIU Pei-xue LI Xiao-yan YAN Nan-bin
(Qingdao Huanghai College, Qingdao 266427, China)

Abstract With the development of communication technology, image compression technology has attracted more and more people's attention. The paper mainly studied the use of discrete Cosine transform (DCT) to compress the image. The advantages of using DCT technique to excute image compression was analyzed by Matlab simulation. The paper introduced the principle of DCT and the necessity of image compression at first. Then DCT was used to compress image, and Huffman code analysis was done. Through Matlab simulation comparing the effect of DCT compressed image, the simulation proves that using DCT compression under the high bit rate can achieve better effect.

Keywords DCT, Image compression, Matlab

随着计算机科学与通信技术的发展,人们对图像的要求标准越来越高。尽管从视觉效果来看精度高的图像更好一些,但是大量的存储空间却被浪费用于存储高质量的画面,而且在通信中占用了大量的比特率。因此,近年来人们对图像压缩的研究日益重视。一副图像中包含大量冗余信息,如空间冗余、时间冗余、信息熵冗余、数据冗余、视觉冗余等。通过去除图像中的冗余信息,可以在保证图像质量的同时完成图像压缩。例如对于 JPEG 格式的图像,可以通过两种算法进行 JPEG 图像压缩,一种方法是一种基于 DCT(DCT)的有损压缩,另一种方法是无损压缩技术。图像经 DCT 变换以后, DCT 系数之间的相关性已经很小,而且大部分能量集中在少量的系数上,因此, DCT 变换在图像压缩中十分有效,是有损图像压缩国际标准 JPEG 的核心,广泛应用于数字图像处理中。

1 DCT 的理论分析

1.1 图像压缩方法

实现图像压缩的方法有多种,根据不同的建立标准对图像压缩方法进行了不同的分类。冗余度压缩方法的核心思想是基于统计模型,保持不变的图像信息,并删除冗余的数据和信息。一些编码方法也可用于图像压缩编码方法,如霍夫曼

编码、香农编码、熵压缩的方法,这些编码方法通过舍弃一些信息和数据完成图像的压缩,不同于以往的图像压缩方法,这些方法具有更高的压缩比和更好的图像转换方式。

1.2 Huffman 编码和解码

Huffman 编码和解码法广泛应用于 DCT 压缩中。Huffman 编码由 Huffman 于 1952 年创立,该方法主要根据信息字符出现的概率来构造异字头的平均长度最短的码字,有时称之为最佳编码,出现较低概率的字符采用长编码,出现概率较高的字符采用短编码,哈夫曼编码的步骤为:1)确定数据和符号的概率,得到不同概率的符号。2)根据数据出现的频率进行排序。3)确定两个最低频率的字符,将其相加得到一个新的编码。4)重复数据符号的排序,直到概率和为 1^[1-4]。

1.3 DCT 分析

DCT 变换源于离散傅里叶变换(DFT),DFT 实用性强,这个优点使其在频谱分析和数字信号处理中广为应用。但是 DFT 的缺点也相对明显,其操作复杂,计算处理的数据量巨大,对于实时处理力不从心。与 DFT 算法不同, DCT 算法对图像信号和语言信号的处理更加灵活,其算法与 Karhunen-Loeve 的算法十分接近。设有信号序列为: $\{x(M)\}$, $M=0, 1, \dots, n$, 其 DFT 算法如下^[5-9]。

本文受国家自然科学基金项目(61471224),山东省高等学校科技计划项目(J16LN80, J16LN94)资助。

冯 飞(1978—),女,硕士,副教授,主要研究方向为智能与自适应控制及图像处理;刘培学(1983—),男,硕士,副教授,主要研究方向为通信与图像处理;李晓燕(1982—),女,硕士,讲师,主要研究方向为项目管理;严楠彬(1995—),男,主要研究方向为电子信息工程。

$$Y(k) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{m=0}^{N-1} X(m) \exp(-\frac{2jkm\pi}{N}), K=0,1,\dots,N-1 \quad (1)$$

当 K 为 0 时,可以得到 $Y(0)$ 为:

$$Y(0) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{m=0}^{N-1} X(m) \quad (2)$$

如果 K 的值不为 0,该信号值在有效值范围外,通过相应转换让 Y 值在有效区间内,并将初始信号增加一倍,使数量从 N 增至 $2N$,使得信号的相位发生改变。

$$Y(k) = \frac{1}{2} \left\{ \sum_{m=-(N-1)}^0 X(m) \exp[-j \frac{k\pi}{2N} (2m+1)] + \sum_{m=0}^{N-1} X(m) \exp[-j \frac{k\pi}{2N} (2m+1)] \right\}, K=1,2,\dots,N-1 \quad (3)$$

因为 $X(i) = X(-i)$, $\sin(-a) = -\sin(a)$, 上式可进行如下变换:

$$Y(k) = 2\text{Re} \left[\frac{1}{\sqrt{2N}} \sum_{m=0}^{N-1} X(m) e^{-jk\pi \frac{2m+1}{2N}} \right] = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{m=0}^{N-1} X(m) \cos \left[\frac{k\pi(2m+1)}{2N} \right], K=1,2,\dots,N-1 \quad (4)$$

由上式可推导出 DCT 的计算公式:

$$F(u, v) = c(u) c(v) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot \cos \frac{\pi(2x+1)u}{2M} \cos \frac{\pi(2y+1)v}{2N}, v=0,1,\dots,N-1 \quad (5)$$

$$c(u) = \left\{ \sqrt{\frac{1}{M}} u=0; \sqrt{\frac{2}{M}} u=1,2,\dots,N-1 \right\} \quad (6)$$

$$c(v) = \left\{ \sqrt{\frac{1}{N}} v=0; \sqrt{\frac{2}{N}} v=1,2,\dots,N-1 \right\} \quad (7)$$

由上式可得 IDCT 公式:

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} c(u) c(v) \cdot \cos \frac{\pi(2x+1)u}{2M} \cos \frac{\pi(2y+1)v}{2N}, x=0,1,\dots,M-1; y=0,1,\dots,N-1 \quad (8)$$

x 和 y 表示在空间域的抽样值, u 和 v 的值表示在频域的抽样值。一般来说,数字图像是由一个个像素点构成,所以 $M=N$ 。此时可得到以下公式:

$$F(u, v) = c(u) c(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot \cos \frac{\pi(2x+1)u}{2N} \cos \frac{\pi(2y+1)v}{2N} \quad (9)$$

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} c(u) c(v) \cdot \cos \frac{\pi(2x+1)u}{2N} \cos \frac{\pi(2y+1)v}{2N} \quad (10)$$

$$c(u) = c(v) = \left\{ 1/\sqrt{2}, u=0, v=0,1; u, v=1,2,\dots,N-1 \right\} \quad (11)$$

1.4 基于 Matlab 的 DCT 分析

Matlab 是目前广泛应用的一种数学计算软件,由美国 math works 公司推出,随着人们对研究功能的需求逐步增多,Matlab 的功能也逐步完善,在数字图像处理等领域应用广泛。本文采用 Matlab 进行图像压缩仿真分析。

1.5 基于图像压缩的 DCT 系统

图 1 中有 $8 \times 8 = 64$ 个子图,每一子图是由 $8 \times 8 =$

64 个子像素构成,每个 $8 \times 8 = 64$ 个图像像素可表现为上述 64 幅图相组合。

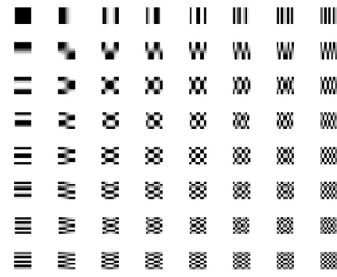


图 1 图像组成分析

图像压缩的方法如下:通过 DCT 变换使有用信息在图像左上角集中,令数据值较小的为零,并进行 Huffman 编码,得到数据流,流程图^[10-15]如图 2 所示。

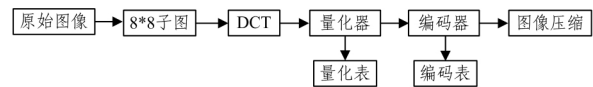


图 2 基于 DCT 压缩的流程图

2 基于 Matlab 的 DCT 图像压缩仿真

2.1 基于 Matlab 的图像压缩

通过 Matlab 提供的图像处理工具可以得到如下图像。函数“DCTmtx()”可以完成 DCT 变换,函数“blkproc()”可以用来实现图像分块。通过上述功能可以完成基于 DCT 的图像压缩。压缩结果如图 3 所示。



(a) 原始图像 (b) 压缩后的图像

图 3 基于 DCT 压缩后的图像

图 3(a) 图为原始图像,图 3(b) 图是压缩后的图像。压缩效果较好,在视觉上两个图像之间无明显差异,但是包含信息量的多少不同。

2.2 图像压缩分析

灰度图可以反映图像的信息,如每个灰度级的概率,它提供图像灰度分布的总体情况。因此,可以得到图 3 中两个图像的灰度图。Matlab 提供了如“imhist”等功能,如果图像压缩质量不好,也可以进行灰度均衡,通过 Matlab 仿真得到的灰度图如图 4 和图 5 所示。

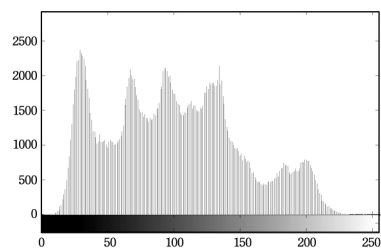


图 4 压缩前图像的灰度图

(下转第 255 页)

学(中文版),2013,43(12):1641-1653

- [9] Ishii H, Tempo R, Bai E W. A web aggregation approach for distributed randomized PageRank algorithms[J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 2012, 57(11): 2703-2717
- [10] Singh A, Sharma S. Role of Page ranking algorithm in Searching the Web; A Survey[J]. International Journal of Engineering & Technology, Management and Applied Sciences, 2014, 1(1): 39-43
- [11] Lappas T, Liu Kun, Terzi E. A Survey of Algorithms and Systems for Expert Location in Social Networks[M]// Social Network Data Analytics. Springer US, 2011: 215-241
- [12] 吴少华, 崔鑫, 胡勇. 基于 SNA 的网络舆情演变分析方法[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2015, 47(1): 138-142
- [13] Dewgun T K, Chauhan P S. A Survey on Web usage Mining: Process, Techniques and Applications[C]// International Journal of Engineering Research and Technology. ESRSA Publications, 2015
- [14] 孙颖伟, 哇蕴慧, 张磊, 等. 数据挖掘技术在中医病证规律研究中的应用进展[J]. 北京中医药, 2015, 34(1): 70-74
- [15] Liu Xin-yue, Lin Hong-fei, Zhang Cong. An Improved HITS Algorithm Based on Page-query Similarity and Page Popularity [J]. Journal of Computers, 2012, 7(1): 130-134
- [16] Wu Ming-fang, Hawking D, Turpin A, et al. Using Anchor Text for Homepage and Topic Distillation Search Tasks[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology,

2012, 63(6): 1235-1255

- [17] Alsoos M, Kheirbek A. A Semantic Approach to Enhance HITS Algorithm for Extracting Associated Concepts using ConceptNet [J]. Journal of Digital Information Management, 2015, 13(1): 55
- [18] Amin M S, Kabir S, Kabir R. A Score based Web Page Ranking Algorithm[J]. International Journal of Computer Applications, 2015, 110(12): 11-15
- [19] Saraswathi D, Kavitha R. A new enhanced technique for link farm detection[C]// 2012 International Conference on Pattern Recognition, Informatics and Medical Engineering (PRIME). IEEE, 2012: 74-81
- [20] Hatakenaka S, Miura T. Query and topic sensitive pagerank for general documents[C]// 2012 14th IEEE International Symposium on Web Systems Evolution (WSE). IEEE, 2012: 97-101
- [21] Geng Zeng-min, Li Xue-fei, Liu Yu-yu. Design of an Intelligent Fashion Information System[C]// TBIS 2011 Advanced Textiles, Fashionable industry. Beijing, China, 2011: 27-29
- [22] 董振东, 董强. 知网[EB/OL]. <http://www.keenage.com>, 2013
- [23] 黄仁, 王良伟. 基于主题相关概念和网页分块的主题爬虫研究[J]. 计算机应用研究, 2013, 30(8): 2377-2380
- [24] 万玉钊, 刘峡壁, 韩菲罪, 等. 用于提高谷歌图像搜索结果的二分类器在线学习方法 [J]. 自动化学报, 2014, 40(8): 1699-1708
- [25] Zhou N, Fan J. Automatic image-text alignment for large-scale Web image indexing and retrieval [J]. Pattern Recognition, 2015, 48(1): 205-219

(上接第 241 页)

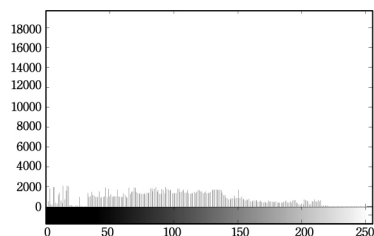


图 5 压缩后图像的灰度图

图 4 为原始图像的灰度图, 图 5 为图像压缩后的灰度图。可以看出, 与图 4 相比, 图 5 具有较少的信息, 可以得到更均匀的图像, 压缩后图像的效果比较理想。

结束语 本文主要研究了利用 DCT 技术对图像进行压缩, 通过 Matlab 仿真分析了利用 DCT 技术进行图像的压缩的优点。随着网络媒体的发展, 图像压缩技术将进入快速发展时代, 尤其是图像压缩标准的建立使它进入实用化和产业化。使用 DCT 进行图像压缩具有更高的性能, 并且它易于实现。DCT 具有算法简单、易于硬件实现等优点, 从而广泛应用于图像压缩领域, 尤其在较高比特率的传输条件下能取得令人满意的压缩效果。然而, 它在低比特率条件下的“方块效应”成了不容忽视的“瓶颈”缺陷, 其原因在于 DCT 处理图像时是分块进行的, 块与块边界两边的像素相关性不能去掉, 从而形成了明显的方块边界。若将 DCT 变换与其它编码方法(如小波变换、分形等)相结合将得到更好的效果。

参考文献

- [1] 张爱华, 江中勤, 张华. 基于粒子群优化算法的分形图像压缩编码[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(2): 21-24

- [2] Narwaria M, Lin W S. Objective image quality assessment based on support vector regression[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2010, 21(3): 515-519
- [3] 孙秉钰. Huffman 算法的改进及其在图像压缩中的应用[J]. 微计算机信息, 2011, 27(1): 264-266
- [4] 武善玉, 晏振鸣. 改进的 Huffman 编码及其应用[J]. 通信技术, 2009, 42(1): 309-311
- [5] 朱艳秋, 初练禹, 陈贺新. 一种基于二维 DCT 的分形静止彩色图像压缩编码[J]. 中国图象图形学报, 1997, 2(7): 486-487
- [6] 罗晨. 基于 DCT 的图像压缩及 MATLAB 实现 [J]. 电子设计工程, 2011, 19(18): 220-224
- [7] 张兆礼, 赵春晖, 梅晓丹. 现代图像处理技术及 MATLAB 的 DCT 变换在 JPEG 图像压缩中的应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001
- [8] 陈波, 王红霞, 成礼智. 图像压缩中的快速方向离散余弦变换 [J]. 软件学报, 2011, 22(4): 826-832
- [9] 张智高, 春花, 张红梅, 等. 离散余弦变换在图像压缩上的应用 [J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2010, 25(3): 153-155
- [10] 高国芳. 数字图像压缩处理技术[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2006, 8(2): 93-95
- [11] 张健. 基于离散余弦变换数据压缩算法的图像处理应用[J]. 科技咨询导报, 2007, 8(42): 57-58
- [12] 方建斌. 变换编码在图像压缩中的应用[J]. 中国水运: 下半月, 2008, 8(12): 109-110
- [13] 吕世良, 曲仕敬. 基于 DCT 的图像压缩及 Matlab 实现 [J]. 科技信息: 科学教研, 2008, 2(14): 401-402
- [14] 王光伟. 一种离散余弦变换压缩算法的改进[J]. 计算机与信息技术, 2008, 1(8): 15-18
- [15] 张浩, 杨永健, 韩鸿莺. 一种基于 DCT 变换的序列分组水印法 [J]. 计算机应用研究, 2014, 20(2): 46-48