

静止图像压缩标准 JPEG 和 JPEG2000 的多尺度模式

周晓燕, 王继成

(同济大学 电子与信息学院 计算机科学与工程系, 上海 200092)

摘 要:随着多媒体的兴起,大量的图像信息需要在网络上传输,为减轻网络负载和适应不同的应用需求,图像被要求以多尺度传输。JPEG(由 ITU 和 ISO 共同建立)是如今被广泛采用的静止图像标准,而 JPEG2000 是继 JPEG 之后最新的静止图像标准。先理解图像的多尺度概念,然后结合国内外的现状,分别就 JPEG 和 JPEG2000 的多尺度模式进行了详细描述及其部分实现,再对两者进行了比较讨论,最后得出结论:最新的 JPEG2000 标准实现的多尺度模式更全面、更简便、更优越,尤其是它还可以嵌入式地实现,但也仍有不足。

关键词:多尺度模式;JPEG;JPEG2000;渐进模式;分级模式

中图分类号:TN919

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)01-0012-03

Multi-Scalability Mode of Still Image Compression Standard JPEG and JPEG2000

ZHOU Xiao-yan, WANG Ji-cheng

(Department of Computer Science and Engineering, School of Electronic and
Information Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: With the development of multimedia, a great of image information needs to be transported, so intend to relief the capability of Internet and satisfy diverse requirement of applications, image should be transported with multi-scalability. Up to date, JPEG is widely used for still image compression, and JPEG2000 is the most update. Firstly explain the notion of multi-scalability. Then addresses the multi-scalability mode used and their implementation in JPEG and JPEG2000, and discusses their difference, and gives opinions as well. Lastly, come to a conclusion, compared with JPEG, JPEG2000 is more full-scale, and also superior, especially its multi-scalability can be implemented embedded, but also has some shortages.

Key words: multi-scalability; JPEG; JPEG2000; progressive mode; hierarchical mode

0 引言

计算机自从诞生以来就以不可抵挡之势迅速发展, Internet 的出现更使其在全球范围内传播开来。而今随着多媒体的兴起和应用,大量的图像信息需要在网络上传输,而图像的存储空间一般都很大,所以传输的图像信息一般都要进行压缩。但因为网络瓶颈的严重存在,通信链接有时候较慢,所以特别需要按图像的空间位置、分辨率、质量(信噪比)或其他尺度渐进传输。

JPEG 是由 ITU 和 ISO 共同建立的一个静止图像压缩标准(1992),具有顺序、渐进、分级、无损模式。它的基于 DCT(离散余弦变换)基本顺序模式被广泛运用于如今的多媒体和网络领域,其它模式也被应用在一些特定领域。而今新静态图像标准 JPEG2000 的诞生更为多尺度模式技术带来了新的生机。它遵循压缩一次,多种解压缩

方式的原则,支持四维尺度:质量、分辨率、空间位置、分量的图像压缩和传输。

1 多尺度

如前所述,图像进行分尺度的压缩,传输和显示,可以适应不同的应用需求。

1)空间位置多尺度。比如说从上到下、从左至右。图像按空间位置逐渐显示,可以减缓网络负载,同时发送端和接受端都可以随时终止传输。

2)质量多尺度。质量可以用压缩率、误码率、信噪比或其它表示。图像按质量逐渐显示,可以减缓网络负载,同时能让接受端在较短的时间内先了解粗略图像,细微图像慢慢再获得。

3)分辨率多尺度。即所谓的空间多级尺度。图像按分辨率从小到大地显示图像,可以减缓网络负载,同时使得接受端随着接受到码流的增加由从小到大地逐步显示一幅完整的图像,也满足了接受端在较短的时间内,得到了一个原图像的缩略图,了解大概信息。

4)分量多尺度。彩色图像的一个像素一般都是由多

收稿日期:2006-05-09

作者简介:周晓燕(1982-),女,江苏人,硕士研究生,主要研究方向为图像处理、数字水印;王继成,教授,博士生导师,博士后,主要从事软件工程、人工智能、认知科学等领域的研究。

个分量表示的,分量组合可能是 BMP, YUV, CMY 等等。图像按分量显示,可以满足一定的应用系统中,比如说,只提取出某个分量进行显示,或者只提取出某个分量进行分析等等。

2 JPEG 多尺度模式

JPEG 静止图像标准主要是基于 DCT 变换的经典图像压缩标准。压缩时,它把图像分为 8×8 的像素块进行 DCT 变换,再对变换后的 DCT 系数进行量化和编码。解压缩时过程相反即可。基本原理框架图如图 1 所示。

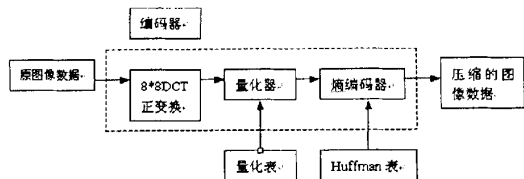


图1 基于DCT变换的JPEG压缩框架图

JPEG 的基本思想^[1]是把图像数据变换到一个更易于压缩的 DCT 域,然后按需求进行量化,再编码成压缩码流,能消除一定的数据冗余。JPEG 不同模式的多尺度性主要体现在以下几个方面:

1)顺序模式。实现了空间位置多尺度压缩、传输和显示图像。JPEG 的基于 DCT 基本顺序模式就能从上到下逐渐地压缩显示图像。比如说 1024×1280 分辨率的图像,当被划分为 8×8 的 DCT 模块后,即变为 128×160 ,然后对图像逐行进行扫描压缩,压缩完一行后加入一个分隔符,解压缩时根据分隔符进行逐行或多行压缩和显示,即实现了顺序显示。

2)渐进模式。实现了质量多尺度压缩、传输和显示图像。JPEG 中有两种方式实现了渐进模式:

(1)频谱选择:对 8×8 模块进行 DCT 变换后变为 8×8 的 DCT 系数矩阵,从该矩阵的左上角到右下角,系数代表了越来越高频率域的系数,所以一般渐进地压缩、传输和显示,只要从低频到高频渐进地压缩、传输和显示就可以了,一种频谱选择方法如图 2 所示。

1	2	3	4	4	5	5	5
2	2	3	4	4	5	5	5
3	3	3	4	4	5	5	5
4	4	4	4	4	5	5	5
4	4	4	4	4	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5

图2 一种 JPEG 频谱选择方法

它把系数矩阵分为 5 个区域进行扫描压缩处理,解压缩时也可以逐个区域地显示图像,实现结果如图 3 所示。

(2)连续性近似:在对 DCT 系数矩阵进行编码前要进行量化,依据量化的步长大小可以对图像进行连续性近似。比较简单的

例子便是依据比特位进行量化,若图像 T 的比特深度为 P ,选择量化步长: $2^{P-1}, 2^{P-2}, \dots, 2^1, 1$, 量化结果相当于按 MSB 到 LSB 依次取出 X 中的一个比特面,然后进行从粗略到精细的压缩编码,解码时就可以相应地由粗略到精细显示。

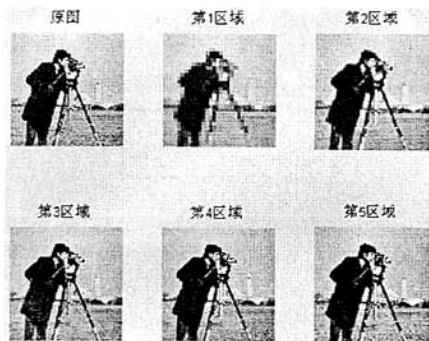


图3 频谱分为5个区域后渐进传输的图像

3)分级模式:实现了分辨率多尺度压缩、传输和显示图像。解码时,对先得到的低分辨率的码流解码,得到低分辨率的图像,得到随后的增量码流后,再显示高分辨率的图像,直到满足应用要求为止。它的基本算法如下:

①对 T 图像进行抽样得到低分辨率的图像 Q ;

②对 Q 进行 JPEG 压缩,解压缩后的图像 Q' 进行内插后得到 Q'' , Q'' 与 T 的差别 $Q'' - T$ 就是两个分辨率间的增量码流;

③ $T = Q''$;

④重复①,②,③不断得到更低分辨率图像间的增量码流。

3 JPEG2000 多尺度模式

科技在进步,人们对图像质量的要求也越来越高,同时更要求图像压缩和解压缩之间具有更好的互动性,当小波技术也随着 EZW 的出现引入了图像压缩领域后, JPEG2000 就应运而生了。它不仅提供了更好的压缩质量,实现并增强了 JPEG 原有的一些功能,也提出了一些新的概念、新的功能。JPEG2000 是基于小波变换的经典图像压缩标准。压缩时,它把图像划分为一个个片(tiling)作为处理单元,对之进行小波变换成各级子带,再把子带划分为码块进行熵编码,对熵编码后的数据流再进行一定形式的组织,就成为具有一个个分隔符的压缩码流。基本原理^[2~5]框架如图 4 所示。

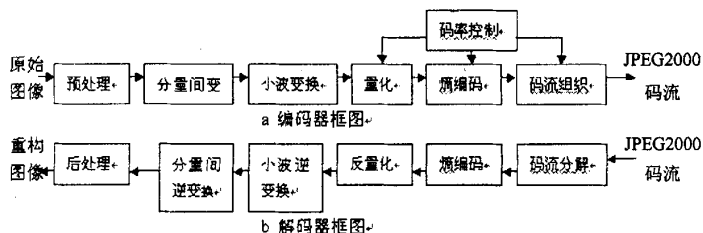


图4 JPEG2000 压缩/解压缩原理框架图

JPEG2000 的重要思想是小波变换和嵌入式位平面编码(EBCOT)^[6~8]。小波变换把图像变换到一个更易于压缩和实现 EBCOT 的领域,EBCOT 把数据组织为适应不同解压缩需求的码流。

JPEG2000 多尺度性主要体现在以下几个方面:

1)空间位置多尺度。类似于 JPEG 的顺序模式,图像能够被从上到下,逐尺度接收。对于存储受限的应用,如打印机,这种类型的多尺度模式比较有用。

2)质量多尺度。JPEG2000 中的质量尺度可以是压缩率、误码率、失真率(信噪比)等等。图像可以按照不同的质量尺度编码,压缩码流中对应于不同的尺度具有不同的分隔符,解码时,按照这些分隔符就可以对应于不同的质量尺度进行解码。质量多尺度的实现是 JPEG2000 中非常重要的一个环节,它让编码器和解码器之间有了互动性,这是压缩技术的一大进步。

3)分辨率多尺度。因为小波变换具有自然的多分辨率表示特性, N 级的小波低频分量(见图 6)就是 $N-1$ 级小波低频分量的低分辨率表示(见图 5),所以在 JPEG2000 中实现分辨率多尺度非常容易。



图 5 $N-1$ 级子带



图 6 N 级子带

4)分量多尺度。JPEG2000 中对应于不同的分量,也规定了确定的分隔符,所以解码时可以只解压缩和显示某个或某些分量。

4 讨论

下面分析一下,JPEG 和 JPEG2000 多尺度模式的异同点,并对其原因进行讨论。

1)空间位置多尺度:两者的性能和实现原理都差不多。

2)质量多尺度:JPEG2000 明显要优越,主要表现在两个方面:

(1)JPEG2000 可以实现多个质量尺度模式,包括压缩率、误码率、失真率(信噪比),而 JPEG 只能对 8×8 的 DCT 频谱或系数进行选择;

(2)JPEG2000 各个质量尺度模式之间可以互相转换而且转换起来非常容易。在对码块进行熵编码后,变换不同的组织形式就可以形成满足不同质量尺度的码流。而 JPEG 两个质量尺度模式不能进行简单转换。

3)分辨率多尺度:JPEG2000 明显要优越,因为 JPEG2000 使用的小波变换本身就具有多分辨率特性,无需特定的应用程序,JPEG2000 就可实现多分辨率。而如

前所述,JPEG 则还要进行抽样和内插,加之一定的算法才能实现多分辨率。

4)分量多尺度:分量多尺度是在 JPEG2000 中才开始提及的,也被 JPEG2000 很好地实现并应用。在 JPEG 中没有提及过分量多尺度,但笔者认为还是可以实现的。

5)多尺度互相转换:JPEG2000 也有绝对的优越性。两种尺度模式的 JPEG2000 码流可以互相转换。比如要把一个具有质量尺度的 JPEG2000 码流,转换为具有分辨率尺度的码流时,只要根据码流语法,先把码流的尺度模型由质量尺度改为分辨率尺度,拆分原码流,按照分辨率尺度重新组织就可以,无需再经过繁琐码块熵编码。JPEG 的不同尺度模式的码流转换则很繁琐。

6)多尺度融合:JPEG2000 也具有很大的优越性。因为 JPEG2000 码流本身就是融合了四维尺度:质量、分辨率、空间位置、分量的静止图像压缩标准,应用程序可以制定自己对这四个尺度的重要性原则,也可以制定自己对它们的融合方式。这些都是 JPEG 所没有提供的功能。综上所述,JPEG2000 较 JPEG 多尺度模式功能要齐全而且优越,这顺应了当前压缩技术发展的要求。所以 JPEG2000 的出现不单单是 JPEG 的补充,它也提出了一些新的理念,尤其是压缩一次,多种解压缩方式,为静止图像压缩技术又添了一笔。

5 总结

静止图像的多尺度模式,是为克服网络瓶颈,以及满足其他各种应用需求而产生的。如今的多尺度包括:空间位置的多尺度、质量多尺度、分辨率多尺度、分量多尺度。在静止图像标准 JPEG 和 JPEG2000 中,多尺度模式都不同程度地实现了。但总的来说,JPEG2000 实现的多尺度模式更全面、更简便、更优越,尤其是它还可以嵌入式地实现。当然 JPEG2000 也不是完美的,它灵活的多尺度性也带来了更高复杂度、更大的存储空间,这些都有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Wallace G K. The JPEG Still Picture Compression Standard [J]. IEEE Trans Consumer Electronics, 1992, 38(1): 18 - 34.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 (ITU - T SG8) 2000 JPEG 2000 Part 1 Final committee Draft version 1.0 [EB/OL]. 2000 - 03. <http://www.jpeg.org/public/fcd15444-1.pdf>.
- [3] Christopoulos C, Skodras A, Ebrahimi T. The JPEG2000 still image coding system: An overview [J]. IEEE Transaction on Consumer electronics, 2000, 46(4): 1104 - 1127.
- [4] 胡 栋. 静止图像编码的基本方法与国际标准 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2003.
- [5] 孙水发, 张华熊, 仇佩亮. JPEG2000——新的静止图像压缩标准 [J]. 计算辅助设计与图形学报, 2003, 15(11): 1339 - 1346.

(下转第 17 页)

Saler (售货员类)通过雇员类继承 administrator(管理员类)。商品类建立一个工厂的实现方法^[5],使不同的商品分别实现,以方便扩充。为便于查询和统计,建立相应的 SaleStore 和 ItemStore 来进行相应的逻辑操作。SaleStore: 交易逻辑接口,完成查询、更改操作,以及相应的数据库操作;ItemStore: 商品逻辑接口,完成查询、更改、添加、删除以及相应的数据库操作。

2.3 类测试实例

在进入界面选择以 administrator(管理员)身份 Aentry (登陆)系统为例,即 administrator 类的 Aentry 服务,其对应的 BBD 如图 4 所示。

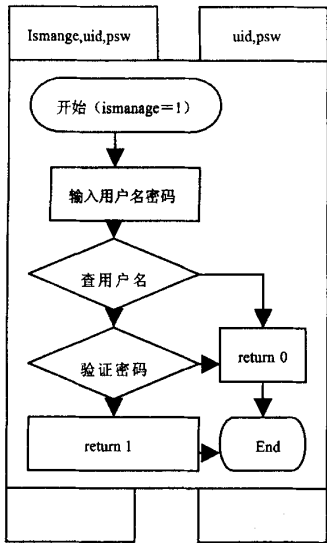


图 4 Aentry 的 BBD 图

借助 BBD 可以对服务进行结构测试和功能测试。前者主要进行基本路径测试,此项测试包含了语句覆盖测试和分支覆盖测试。基本路径测试的基本思想是:根据软件详细设计和代码中的控制流程确定复杂度度量,然后用此度量定义基本路径集合,导出测试用例,它们能保证在测试中程序的每一个可执行语句至少执行一次。具体步骤如下:

- (1) 绘制服务的控制流图,如图 5 所示。
- (2) 确定基本路径集:在图 5 所示的控制流图中,一组独立的路径是: path1:1-2-3-5-7 path2:1-2-3-4-5-7 path3:1-2-3-4-6-7。
- (3) 生成测试用例:根据判断节点给出的条件,选择适当的数据以保证每一条路径可以被测试到。administrator

表中验证输入的用户名和密码是否正确是此例的判断条件。

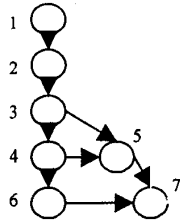


图 5 Aentry 控制流图

只要设计出的测试用例能够保证控制流程图中的所有路径都能被执行到,就可以使得程序中的每一个可执行语句至少执行一次,则服务中每个条件的真假两种取值都可以得到测试,从而实现可以检查程序的主要的执行路径,又可以覆盖程序的所有分支,而且可以满足语句覆盖的要求。

3 结束语

由于面向对象本身所具有封装、继承、多态和动态绑定等特性,使得面向对象测试在测试层次及测试方案的选择上有别于传统的测试思想。到目前为止,现有的面向对象软件测试方法还存在许多问题。如:类不能直接测试而只能通过类的实例-对象进行,对于无法实例化的抽象类如何测试将是一个问题?测试的充分性问题,如何有效地生成测试用例?如何规划和开发自动化测试?等等。对这一领域还有待进一步的深入研究,以便做出对软件测试的理论和实践有指导意义、有影响的成果。

参考文献:

[1] Pressman R S. 软件工程——实践者的研究方法[M]. 黄柏素,梅 宏,译. 北京:机械工业出版社,1999.
[2] Binder R V. Testing Object - Oriented Software: A Survey [J]. Journal of Software Testing, Verification and Reliability, 1996(6):225-252.
[3] Perry D E, Kaiser G E. Adequate testing and object - oriented programming[J]. Journal of Object - oriented Programming, 1998(5):105-110.
[4] 吴 建,郑 潮,汪 杰. UML 基础与 Rose 建模案例[M]. 北京:人民邮电出版社,2004.
[5] GAMMA E, HELM R, JOHNAOND R. 设计模式:可复用面向对象软件的基础[M]. 李英军,马晓星,蔡 敏,等译. 北京:机械工业出版社,2000.

(上接第 14 页)

[6] Taubman D. High Performance scalable image compression with EBCOT[J]. IEEE Trans Image processing, 2000, 9(7): 1158-1170.
[7] Said A, Pearlman W. A new, fast and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees[J]. IEEE Trans

Circuits Syst Video Technol, 1996, 6:243-250.
[8] Shapiro J M. An embedded hierarchical image coder using zerotrees of wavelet coefficients[C]//in IEEE Data Compression Conf. UT: Snowbird, 1993:214-223.