

# 基于量化的差错网络下高效多描述图像编码

赵小青, 倪林

(中国科学技术大学电子工程与信息科学系, 合肥 230027)

**摘要:** 将多描述标量量化与 SPIHT 编码联合起来, 得到无线差错网络环境下的高效多描述图像编码。对两描述的多描述标量量化进行多维索引扩展, 并对由粗量化边索引所形成的多个描述进行 SPIHT 编码, 得到多个可独立传输的多描述码流。实验结果表明, 该方法适合于无线差错网络环境中的图像传输, 能够在较大的信道差错率和严格的带宽限制下, 获得较好的图像传输差错鲁棒性。

**关键词:** 图像传输; 多描述标量量化; SPIHT 编码

## Efficient Multiple Description Image Coding Based on Quantization Over Error-prone Network

ZHAO Xiao-qing, NI Lin

(Department of Electronic Engineering and Information Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230027)

**【Abstract】** This paper combines multiple description scalar quantization and SPIHT coding to get efficient multiple description image coding over wireless error-prone network. An extension over the two-description multiple description scalar quantization is applied, and SPIHT is employed to encode each description generated from the coarse quantization. Multiple description bit streams which can be transported independently can be obtained. The experimental results confirm that the method performs well especially over the wireless error-prone network. Using this method, it can achieve good error robustness during the transportation over the channels with serious loss rate and limited bandwidth.

**【Key words】** image transportation; multiple description scalar quantization; SPIHT coding

### 1 概述

目前, 多媒体信息(主要是图像和视频)大量地被应用在无线网络传输中。众所周知, 无线设备大都工作在较为恶劣的传播条件下, 并且还受到相对严格的带宽限制和存储转发限制。在这样的情况下, 如何在丢包和误码情况严重的无线信道中高效传输图像信息具有重要的研究与应用意义。通常而言, 无线信道对于应用来说近似于一个包丢失信道(数据包要么无错到达要么丢失)。多描述编码方法就是一个能够在这样的信道条件下达到良好传输性能的有效方法。

多描述编码将数据源编码为多个地位相等的描述码流, 各个描述码流均可以独立解码。Vaishampayan等<sup>[1]</sup>首先提出一种适合于实际信道传输的多描述标量量化(MDSQ)方法, 使用一个索引分配器将一个规则的标量量化器索引映射为一对在两者之间选择冗余量的索引对, 从而产生 2 个描述。随后, 文献[2]研究了多描述标量量化在小波域图像编码中的应用, 并且将多描述标量量化产生的描述码流分为多个可独立解码的数据包进行传输。Y.Wang和M.T.Orchard等则应用相关变换来产生多描述编码码流<sup>[3]</sup>。这些多描述编码方法都增加了冗余, 提高了图像传输的差错恢复能力。但是由于冗余的引入, 多描述编码也不可避免地增加了数据量。

由Shapiro等<sup>[4]</sup>提出的嵌入式小波零树编码(EZW)使用了嵌入式小波零树来进行图像压缩。随后, Pearlman等<sup>[5]</sup>提出了具有更好编码性能和更快处理速度的SPIHT编码。SPIHT编码基于分层小波分解, 子带系数按照预先设定的顺序进行扫描并且与一个逐渐减小的门限进行比较。SPIHT算法的一大优点是它具有内嵌性能, 其编码过程可以停止在任意一点。这种性能在带宽受限或包丢失情况下显得非常有用。

本文将多描述标量量化和 SPIHT 编码联合应用, 以获得高效的多描述图像编码。文献[1-2]已经对多描述标量量化做了很多的分析, 但都是基于二维空间索引分配模型。索引分配的实质就是将标量量化的各个量化间隔分配给一组索引, 中心索引对应于一个量化间隔, 而边索引则对应多个量化间隔。优化索引分配的关键是每个边索引所对应的量化间隔区间能够尽量小。这里, 由同样的索引分配原则, 将索引分配扩展到多维空间, 从而可以方便地从多个边索引得到需要的多个描述。然后再对得到的多个边索引描述进行 SPIHT 编码, 从而得到多个可独立传输的多描述码流。实际传输中, 可根据信道状况, 自适应地调整各个描述的码率分配。

### 2 多维空间索引分配

如文献[1]所述, 一个多描述标量量化器是一个标量量化器和一个索引分配器的级联, 索引分配器将一个索引映射为多个索引。多描述标量量化的实质在于产生 2 个粗边缘量化器: 当单独使用时, 它们可以得到能够接受的恢复质量; 当联合起来使用时又可以产生性能更好的中心量化器。典型的两描述标量量化器如图 1 所示。两描述的索引分配通常由一个索引分配矩阵表示, 它的各个单元对应输入的各个量化间隔, 行和列的索引即为输出的边索引<sup>[1]</sup>。图 2 是一个两描述情况下索引分配的例子, 每个中心索引坐标 $(p, q)$ 通过索引分配矩阵得到 2 个边索引 $p$ 和 $q$ 。索引分配的原则是使每个边索

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60372059)

**作者简介:** 赵小青(1982 - ), 女, 硕士研究生, 主研方向: 图像与视频编码传输; 倪林, 副教授

**收稿日期:** 2008-04-13 **E-mail:** xqzhao@mail.ustc.edu.cn

引对应的量化单元尽量接近。图 2 的两描述索引分配正是按照这样的原则进行。在二维索引分配矩阵中，矩阵中每个编码单元代表一个中心量化器的量化单元，每个编码单元对应一对坐标  $(i, j)$ 。通过这个坐标确定该量化单元在矩阵中的位置。只有将 2 个边索引合起来才能得到唯一确定的量化单元，单独的边索引只能得到对应多个量化单元的粗量化。中心量化器的量化单元沿着矩阵的对角线放置，冗余量由对角线数目决定。图 2 所表示的例子是冗余量最大的情况。



图 1 典型的两描述标量量化器

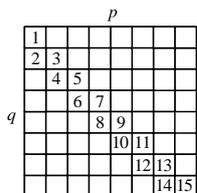


图 2 两描述索引分配的例子

由同样的思想，可将索引分配扩展到多维空间中，从而形成多个描述。首先，考虑一个三维空间索引分配的例子。在一个立方体上进行索引分配，从输出的坐标  $(i, j, k)$  即可得到 3 个描述。采用最大冗余的方案分配索引，首先选取体对角线上的全部单元为的量化单元，然后再由每个体对角线单元选取其相关的量化单元。例如，对于体对角线上的量化单元  $(i, i, i)$ ，它所关联的量化单元为  $(i, i+1, i)$  和  $(i, i, i+1)$ 。图 3 是一个三维索引分配的例子。

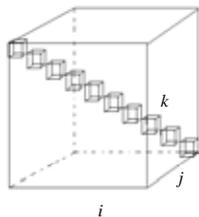


图 3 三描述索引分配的例子

对于更高维的多描述标量量化，可以假设为  $M(M>3)$  维超立方体空间的索引分配。若每个边索引具有  $n$  个单元，每个中心量化单元的坐标表示为  $(i_1, i_2, \dots, i_n)$ ，量化单元表示为  $uint_c, c=1, 2, \dots, (n-1)M, (n-1)M+1$ 。用伪码表示的索引分配算法如下：

```

index=1;
for i=1:n-1
    unitindex=(i,i,L,i); unitindex+1=(i,i+1,L,i);
    ...
    unitindex+M-1=(i,i,L,i+1);
    index=index+M;
end
unitindex=(n,n,L,n);

```

通过以上算法，为每个量化单元分配了一个  $M$  维的坐标，从而由这  $M$  个边索引得到  $M$  个描述。

### 3 本文方法应用

本文将多描述标量量化和 SPIHT 编码联合起来，以获得高效率的多描述图像编码。对于图像信息首先采用第 2 节所叙述的高维多描述标量量化得到多个描述，每个描述均是图

像信息的粗量化版本。然后将各个描述信息变换到小波域，进行 SPIHT 编码。各个描述经过 SPIHT 编码后形成多个描述码流在信道上传输。图 4 是本文方法的编码端框架结构图。每个描述都能得到一个能够接受的恢复图像，收到的描述码流越多，得到的恢复图像质量越好。各个描述码流的码率可以根据实际信道条件进行调整，采用 SPIHT 编码可以方便地控制码流的码率。

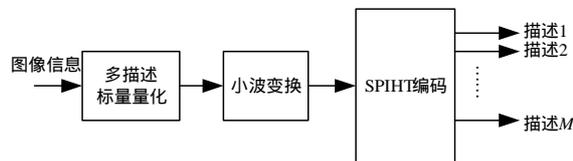


图 4 本文方法的编码端框架结构

接收端接收到多描述码流后，首先进行 SPIHT 解码，再由小波域恢复到空域。此时所得到的由粗量化边索引表示的图像信息，常常不再是  $1 \sim n$  之间的整数。所以在多描述反量化前，需要对粗量化信息进行处理，将其按照就近原则表示为  $1 \sim n$  之间的整数。本文的多描述量化没有在小波域进行，因为如果首先对整个小波域的图像信息进行多描述标量量化，由于子带系数差异很大，最后将带来很大的量化误差；其次，如果对小波域不同子带分别进行多描述标量量化，会增加 SPIHT 编码的计算复杂度，反而不能发挥出 SPIHT 编码原有的优势。基于此，本文首先在空域对图像进行多描述标量量化，然后再在小波域进行 SPIHT 编码，SPIHT 编码可以很好地提高多描述标量量化的编码效率。

### 4 实验结果与分析

实验中，采用  $512 \times 512$  标准灰度 LENA 图像进行图像传输仿真测试。首先对图像进行多描述标量量化，然后对各个粗量化图像信息进行 5 层小波变换，小波滤波器采用 'db8' 小波。在小波域对各个粗量化信息进行 SPIHT 编码，得到多描述码流。实验中总的码率在  $1.0 \text{ bpp} \sim 1.5 \text{ bpp}$  之间变化。中心量化单元的个数由边索引的单元数与所需要的描述个数共同决定。所得到的描述个数增加，中心量化单元个数也会相应增加。本文方法以下简称为 SPIHT-MDSQ。

首先将本文方法与其他的几种多描述编码方法：小波域 MDSQ<sup>[2]</sup>，基于过采样滤波器组(OFB)的多描述编码<sup>[6]</sup>的表现性能进行比较。图像信息编码为 8 个多描述数据包，码率设定为  $1.5 \text{ bpp}$ 。接收到不同个数描述的恢复图像峰值信噪比 PSNR 结果如图 5 所示。SPIHT-MDSQ 在丢包信道下的性能优于基于 OFB 的多描述编码；SPIHT-MDSQ 的性能在大多数情况下也优于 MDSQ，这是由于当分配同样的码率时，采用 SPIHT 作为熵编码可以进一步提高编码效率，使得同样的编码码率可以获得更优的图像恢复质量。再将总的码率设定为  $1.25 \text{ bpp}$ ，采用本文 SPIHT-MDSQ 方法得到 8 个描述。测试本文方法在不同信道丢失率下的图像恢复性能。图 6 按照从左到右的顺序显示了分别接收到 8 个、6 个、4 个和 1 个描述下的接收端恢复图像。如图 6 所示，接收到一个描述所得的恢复图像是原始图像的粗量化版本。接收到的描述越多，所得的图像量化越细，恢复效果也越好。采用本文的多描述编码方法，接收端在信道条件恶劣以至于只收到一个描述的情况下，仍能得到可以接受的粗量化恢复图像。这说明本文方法在差错信道，尤其是在以无线信道为代表的丢包信道下，具有很好的图像传输差错恢复鲁棒性。（下转第 243 页）