

# 基于子带/小波分解的视频编码可分级性研究

沈兰荪, 魏海, 黄祥林

(北京工业大学信号与信息处理研究室, 北京 100022)

**摘要:** 视频编码的可分级性是 MPEG-4 标准视频部分所要求的重要功能之一. 本文提出了一种基于子带/小波分解的可分级性结构, 以支持视频编码的空域分层、时域分层以及混合分层, 并通过实验验证了它的有效性.

**关键词:** 视频编码的可分级性; 子带/小波分解; 视频对象平面

**中图分类号:** TN919.81 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2000) 07-0126-02

## Scalability Based on Sub-band/Wavelet Decomposition

SHEN Lan-sun, WEI Hai, HUANG Xiang-lin

(Signal and Information Processing Lab, Beijing Polytechnic University, Beijing 100022, China)

**Abstract:** Scalability is one most promising function which is required in MPEG-4 visual coding algorithm. In this document, sub-band/wavelet based scalable structures are proposed to support spatial scalability, temporal scalability and hybrid scalability.

**Key words:** scalability; sub-band/wavelet decomposition; video object plane (VOP)

### 1 引言

视频编码的可分级性是 MPEG-4 标准视频部分所要求的重要功能之一<sup>[1]</sup>, 这种基于视频对象的编码可分级能力主要应用于多质量的视频服务、多媒体数据库预览以及窄带网络环境中的视频通讯等业务, 它可以根据网络环境、解码器复杂程度以及用户请求的不同相应提供不同解码质量的码流, 从而具有较好的灵活性和可操作性.

目前 MPEG-4 中支持空域分级、时域分级以及时空混合分级, 其分级结构的实现是通过下采样 (down-sampling) 和预测实现的<sup>[2]</sup>, 如空域分级是将每一输入的视频对象平面 (VOP) 进行下采样, 形成一个低分辨率的基本层, 对其编码得到基本层码流; 把基本层码流经解码内插 (up-sampling) 后的得到的图像作为原 VOP 的预测图像, 两者的预测差值图像经编码后形成增强层的码流. 这种经预测和下采样得到的空域分级, 分级前后视频数据量发生了变化, 其基本层和增强层的数据量比原视频数据多了四分之一 (预测差值图像和原 VOP 同样大小), 相应造成了编码数据量的增加. 因此, 本文提出了基于子带/小波分解的可分级性结构, 用于支持视频对象编码的空域分层、时域分层以及混合分层, 并通过实验验证了它的有效性.

### 2 基于子带/小波分解的分级结构

本节将讨论基于子带/小波分解的视频对象编码的分级结构. 由于子带和小波分解具有完全相同的实现结构, 区别只在于小波分解滤波器设计需要正则性的约束, 因此以下的

论述将只对小波分解进行, 其结果同样适用于子带分解<sup>[3]</sup>.

#### 2.1 空域分级

视频对象的空域分级结构是通过每一视频对象平面的空间 2-D 小波分解得到的, 如图 1 所示. 选定一定的小波基函数, 对每一 VOP 进行小波分解, 一级分解得到低分辨率级上的一个低频子图像和三个不同取向的高频子图像, 低频子图像是原 VOP 的一个近似图像, 而高频子图像则体现了原图像不同取向的细节信息. 在此基于小波分解的天然分层结构的基础上, 对其低频子图像序列进行编码便可得到该视频对象的基本层码流, 同时对不同取向的高频子图像序列编码形成其增强层码流, 图 2 描述了这一过程.

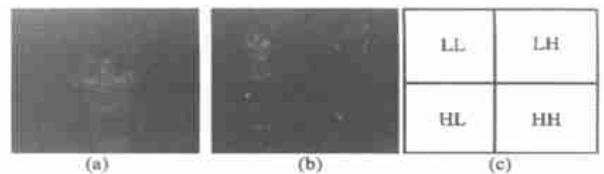


图 1 (a) 原始 VOP; (b) 二维小波分解; (c) 对应频带分布

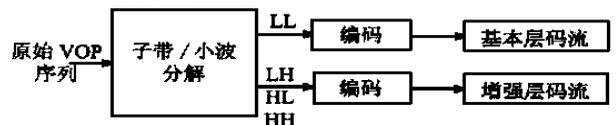


图 2 空域分级编码结构

有了这样的分层结构, 当网络带宽较窄或用户要求较低时, 只需解码基本层码流从而得到低分辨率下的近似图像序列; 如果网络环境较优或用户要求比较高时, 则同时传送基本

层和增强层码流,解码后可形成高分辨率的重建 VOP 序列,来满足实际要求。

## 2.2 时域分级

对一个视频对象的 VOP 序列而言,所有 VOP 中处于同一空间位置的像素构成时间轴上的 1-D 信号,对此时间轴上的 1-D 信号进行小波分解,便可得到时域的低频帧和高频帧,如图 3 所示(以 8 帧为例)。与空域分级类似,低频帧从总体上描述了时域信息,所有的低频帧编码形成时域的基本层码流,而所有的高频帧编码形成增强层码流。

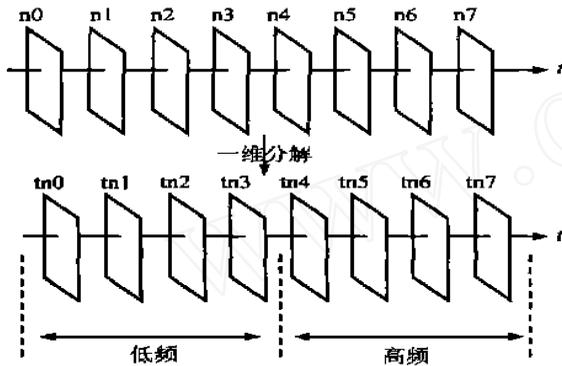


图 3 沿时间轴的一维分解

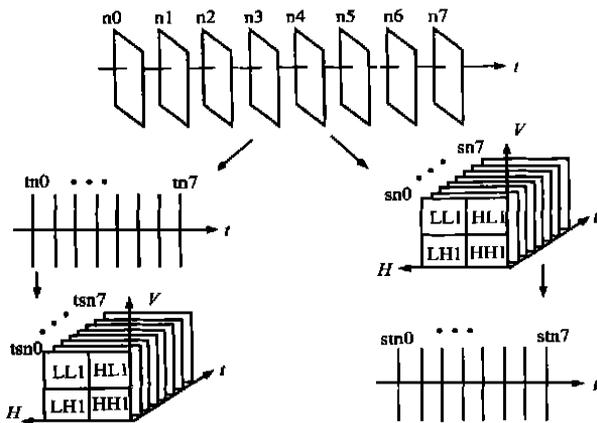


图 4 3-D 小波分解(分离步骤)

值得注意的是,由于时间轴的分解会造成系统的延时,所以进行分解的 VOP 组不能太大,一般 4 到 8 帧较为合适。同时,由于沿时间轴的一维信号较短,容易造成边界延拓问题,所以应仔细选择小波基函数,以适应时间轴短信号的特性。

## 2.3 混合分级

将以上所论述的时域分级和空域分级相结合,便能够实现视频对象的混合分级结构。本文采用 3-D 的小波分解来得到时空混合的分级,即把视频对象的 VOP 序列看作一个 3-D 信号,进行 3-D 的小波分解。有两种方法实现:第一种是把 3-D 分解分成两个独立的步骤,先进行空间域的 2-D 分解,再沿时间轴进行一次 1-D 分解,或者先进行时间轴 1-D 分解,再进行空间域 2-D 分解,如图 4 所示;第二种方法是把 VOP 序列当作 3-D 信号,直接采用 3-D 的小波滤波器进行分解,得到其时空混合的分级结构。

不论是那种方法,最终都把原始 VOP 序列变换成为具有时空优先级特性的混合分级结构,结构中的每一子图像均具有其相应的空间优先级和时域优先级。对不同优先级的图像数据进行编码,形成不同层次的码流数据,以满足实际应用中多网络、多质量的视频业务。

## 3 实验结果及其讨论

为验证该分级结构的有效性进行以下实验。首先必须选择基本层和增强层的编解码算法:对于作为基本层编码的低频子图像序列选择了与 MPEG4 视频编码标准相符合的 DCT 和运动补偿相结合的编码方法;对于作为增强层的高频数据,为了体现其取向特性,采用视觉模式矢量量化<sup>[4]</sup>的编码方法来得到增强层码流。

分别以 Miss America (8 帧) 和 Cronkite (16 帧) 作为测试序列,并选用 SSKF(5,3) 作为滤波器进行小波分解,得到分别对应与空域分级、时域分级以及混合分级的实验结果如表 1、表 2 和表 3 所示。

不同于基于下采样和预测的空域分级,由于本文中的空域分级结构的数据量保持不变,所以其编码效率有所提高。同时由于子带/小波分解的结构与人眼处理数据的特性相适应,为编码充分利用视觉特性提供了前提。同时值得指出的是,这种基于子带/小波的视频对象的可分级性通过零填充技术便可应用于任意形状的视频对象。

表 1 空域分级编码结果(Base:基本层,B+E:基本层+增强层)

VOP 序列	信噪比 SNR		字节数/帧 (bpf)	
	Base	B + E	Base	B + E
Miss America	39.14	42.71	4354	10179
Cronkite	38.42	42.32	5335	9095

表 2 时域分级编码结果(Base:基本层,B+E:基本层+增强层)

VOP 序列	信噪比 SNR		字节数/帧 (bpf)	
	Base	B + E	Base	B + E
Miss America	37.71	44.30	8095	13917
Cronkite	36.02	46.75	7382	12001

表 3 混合分级编码结果(Base:基本层,B+E:基本层+增强层)

VOP 序列	信噪比 SNR		字节数/帧 (bpf)	
	Base	B + E	Base	B + E
Miss America	36.22	41.80	2103	7196
Cronkite	34.01	41.24	2602	6420

## 参考文献

- [1] Leonardo Chiariglione. The MPEG-4 Standard. Journal of China Institute of Communications, September, 1998, 19(9): 54 ~ 67
- [2] MPEG-4 Verification Model VM11, Tokyo 98
- [3] Lansun Shen, Wenhui Jia, Pei Chen. Filter Banks for Image Sub-band Coding, Proceeding 34<sup>th</sup> SICE, Sapporo Japan, 1995: 1021 ~ 1024
- [4] Wenhui Jia, Lansun Shen. Layered image coding based on Sub-band Motion Compensation. CIE, March 1995, 4(3): 29 ~ 35