块分类的双向估计加权边信息生成算法 *

陈祖爵, 陈 媛, 董 亮, 江晓明, 李 杰
(江苏大学 计算机科学与通信工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘 要: 针对分布式视频编/解码中运动估计产生的预测重叠问题,提出了一种块分类的双向估计加权边信息生成算法。根据前后相邻关键帧对应块的相关性,将像素块分为保留块类和运动块类。对保留块类直接作保留处理;对运动块类中的像素块采用改进的双向运动补偿算法找到对应匹配块,并通过加权判决模块生成边信息。实验结果表明,在不增加编码端复杂度的情况下,算法有效提高了边信息质量。

关键词: 分布式视频编码; 边信息; Wyner-Ziv 编码; 双向运动补偿; 块分类; 加权判决
中图分类号: TP391;TP301.6 **文献标志码**: A **文章编号**: 1001-3695(2012)01-0379-04
doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.01.105

Block-classified side information generation algorithm with bidirectional motion estimation and weight decision

CHEN Zu-jue, CHEN Yuan, DONG Liang, JIANG Xiao-ming, LI Jie
(*School of Computer Science & Telecommunication Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu* 212013, *China*)

Abstract: In distributed video coding (DVC) system, the side information (SI) generation used motion estimation which brought an overlapped issue. This paper presented a block-classified side information generation algorithm which adopted an improved bidirectional motion estimation and weight decision. The pixel blocks were classified into two parts: the saving blocks and the moving blocks according to the correlation between the blocks in adjacent key frames. The saving blocks were retained directly. For the moving blocks, the matching blocks were found by an improved bidirectional motion estimation interpolation. Finally, generated the side information by using the weighted decision module. Simulation results show that the proposed algorithm can produce improvement in the quality of side information without increasing the complexity of the encoder.

Key words: distributed video coding (DVC); side information; Wyner-Ziv code; bidirectional motion compensation; block-classified; weight decision

0 引言

与传统的视频编码相比,分布式视频编码(DVC)[1]最大的特点是采用帧内编码和帧间解码的方式,将视频编码的复杂度从编码端搬移到解码端,实现较高的压缩率。它适合应用于计算能力低、内存容量小、能量受限而传统的视频编码不适合的视频应用场景中,如无线视频监控、无线视频传感器网络、移动视频电话等。

DVC 主要采用 Slepian-Wolf 提出的分布式无损编码理论[2]和 Wyner-Ziv 提出的分布式有损编码理论[3]为依据。Slepian-Wolf 理论论证了采用分布式编码和联合解码的可行性,而 Wyner-Ziv 理论则引入了边信息来进行联合解码的方法。边信息(side information,SI)是对 WZ(Wyner-Ziv)帧的估计,它用于帧间预测解码,SI 越接近于 WZ 帧,则 SI 的质量越高,解码所需的奇偶校验码就越少,使得编码效率提高。Aaron 等人[4]提出运动补偿内插(motion compensated interpolation,MCI)和运动补偿外插(motion compensated extrapolation,MCE)两种方法构造边信息,并证明了内插的效果比外插好。文献[5]提出了基于分层变块大小运动估计的边信息生成算法,采用前向运动估计(forward motion estimation,FME)和双向运动估计(bidirectional motion estimation,BME),取得了质量较好的边信息。文献[6]提出了一种有效的自适应边信息帧内插方法,根据当前帧与前后两相邻帧的时间相关性,采用不同的加权系数进行运动补偿帧内插,从而提高了边信息的质量。在基于整像素运动补偿内插的边信息重建的基础上,文献[7]提出了基于 1/2 和 1/4 像素的亚像素 MCI 边信息重建算法。这两种算法分别对原始帧进行 1/2 和 1/4 像素插值,利用运动估计得到运动矢量,然后进行亚像素双向补偿内插,提高了边信息的重建质量。但该算法主要针对整帧中间位置像素块进行运动估计,而对帧周边像素块的作用甚少。为提高边信息的质量,文献[8]设计了一种复杂的边信息生成模块并提出了一种新的边信息估计算法。该模块由两部分组成,一部分采用运动补偿内插(MCI),而另一部分采用新提出的运动补偿质量加强算法(MCQE)。以上方法都是通过整像素运动内插得到运动矢量,没有考虑边信息帧中局部运动量的差异,且估计的像素块存在预测重叠的问题,所生成的边信息质量有待提高。

收稿日期: 2011-05-23; **修回日期**: 2011-06-30 **基金项目**: 2010 年江苏省农业支撑计划(农业)资助项目(BE2010347);江苏大学大学生实践创新训练计划资助项目(2010060)

作者简介:陈祖爵(1951-),男,教授,硕导,主要研究方向为无线多媒体传感器网络和图像处理;陈媛(1985-),女,硕士研究生,主要研究方向为无线多媒体传感器网络、视频压缩 (yuhengtree@163.com);董亮(1989-),男,本科生;江晓明(1977-),男,讲师,主要研究方向为网络技术、图像处理;李杰(1990-),男,本科生.

针对边信息预测中局部重复预测以及复杂度高的问题,提出了一种块分类的双向估计加权边信息生成算法。仿真结果表明,提出的算法有效地提高了 SI 的生成质量,同时编码系统的率失真性能也得到优化。

1　Wyner-Ziv 编/解码技术

1.1　基于像素域的 Wyner-Ziv 编码系统

Aaron 等人根据 Wyner-Ziv 分布式信源有损编码理论,首次提出了一种采用帧内编码帧间解码的分布式视频编码结构[4],如图 1 所示。Wyner-Ziv 编码器由量化器和 Slepian-Wolf 编码器组成。在编码端,视频图像帧被分为两类:一类是由奇数帧构成,称为关键帧(用 K 帧表示),采用传统的帧内编码方式进行编码[9];另一类是由偶数帧构成,称为 WZ 帧(用 WZ 帧表示),采用 Wyner-Ziv 编码。图像组(GOP)一般由两帧构成,一帧为关键帧 K 帧,一帧为 WZ 帧。之后对应的转换系数经过量化器产生量化符号流。量化符号流经过 LDPC 编码器生成匹配信息,这些匹配信息将储存在缓存器中。在解码端,关键帧采用传统的帧间解码方式解码,而 WZ 帧的解码需要 SI。SI 的序列 S' 由边信息估计模块利用已解码的关键帧和 WZ 帧生成。边信息和匹配位在 LDPC 解码器中一起用于重建当前的 WZ 帧。一旦解码端的匹配位不能满足失真率,则解码端将向编码端发送请求信息,请求更多的匹配位并通过反向信道来传输。由此,在某种意义上就实现了对码率的控制。

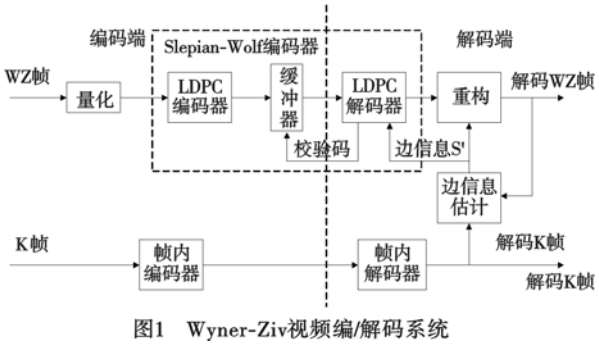

图1　Wyner-Ziv视频编/解码系统

由 Wyner-Ziv 视频编/解码系统结构图分析可知,解码端的边信息是对当前 WZ 帧的预测估计,用于解码端的信道解码和图像帧的重建。边信息越接近于 X_{2i},则说明边信息质量越高,解码端只需要从编码端的缓存器中获取少量的奇偶校验码来进行解码,即解码端解码 WZ 帧时反馈的次数就越少,从编码端传输的奇偶校验码也随之减少,对同样解码质量的视频所需要传输的码流就越少。

1.2　边信息生成算法分析

传统视频编码方式与分布式视频编码方式最大的不同在于:在传统的视频编码系统中,当前帧在解码端是已知的,而在分布式视频编码系统中,当前帧在解码端是未知的,即需要通过预测获得。因此,在传统视频编码算法中所采用的运动估计算法不再适合于分布式视频编码中。

目前,在分布式视频编码系统中,多采用以下几种方法生成边信息。最简单的帧内插方法是直接采用前向关键帧作为边信息,如式(1)。这种方法计算简单,容易实现,但得到的预测帧和实际帧存在较大失真,生成的边信息质量不高。

$$Y_{2i} = X_{2i-1} \tag{1}$$

另一方法是采用单向线性内插估计,忽略视频的运动特性,直接利用相邻两关键帧进行平均得到,如式(2)。这种帧内插方法没有考虑视频帧的运动特性,不适合于大运动量或快速运动的视频。

$$Y_{2i} = \frac{1}{2}(X_{2i-1} + X_{2i+1}) \tag{2}$$

在以上方法基础上,常用的还有运动补偿内插方法。对相邻关键帧进行分析计算,得到运动矢量 MV_{2i},假设前后运动矢量具有对称性,从而得到估计的预测帧,如式(3)。采用这种方法得到边信息质量较单向线性内插估计有一定的改善,但边信息与实际帧之间仍存在较大失真。

$$Y_{2i}(q) = \frac{1}{2}[X_{2i-1}(q + mv_{2i}) + X_{2i+1}(q - mv_{2i})] \tag{3}$$

2　块分类的双向估计加权算法

采用以上的运动估计内插算法会引入部分像素块被估计多次而部分像素块没得到估计的问题。而且,WZ 帧与前后两关键帧的相关系数并非始终保持一致,即有时 WZ 帧与前关键帧关系大,与后关键帧关系小,而有时情况则相反。针对以上问题,提出了一种全新的边信息生成算法。

2.1　像素块的分类

对前关键帧 X_{i-1} 以及后关键帧 X_{i+1} 分别进行分块,由于在对图像帧划分块的过程中,图像精确度的高低随着划分块的大小变化而变化。划分块大,则图像的精确度低;划分块小,则图像的精确度高。本文采用的是 $n \times n$ 大小的像素块划分格式,并将每个像素块进行编号,如图 2 所示,即前后两关键帧中的对应像素块分别编号为 $B_{2i-1,j}$、$B_{2i+1,j}$,同时给边信息帧的对应像素块编号为 $B_{2i,j}$,在相邻的两关键帧中存在编号相同的像素块。根据编号是否相同,可以判断这一对应的像素块在各自的帧中位置是否相同。

将前后两关键帧 X_{2i-1} 和 X_{2i+1} 的对应像素块分别采用求和绝对误差 SAD 来进行相关性计算,求和绝对误差 SAD 计算公式如式(4)所示。

$$\mathrm{SAD}_j = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} |B_{2i-1,j}(i,j) - B_{2i+1,j}(i,j)| \tag{4}$$

其中:$B_{2i-1,j}$ 和 $B_{2i+1,j}$ 分别表示关键帧 X_{2i-1} 和 X_{2i+1} 中对应的像素块;$B(i,j)$ 为块中像素点的坐标。SAD 值越小,说明其相关性越强。

每组对应像素块的相关性是不同的,有些像素块(如背景),其前后的运动变化不大,对估计的影响不大;而有些像素块(如运动的物体),其前后的运动变化很大,而且其变化程度对之后的运动估计十分重要。针对以上分析,提出像素块分类算法:

a)对求和绝对误差值 SAD 进行分析和判断,并设定一个阈值 T_1。

b)将各对应块的 SAD 值与该阈值 T_1 进行比较。根据比较结果,将像素块分为保留块和运动块两类,如图 3 所示。若 SAD_j 值大于阈值 T_1,则认为像素块对 $B_{2i-1,j}$ 和 $B_{2i+1,j}$ 的运动变化程度较大,将其像素块对归于运动块类;若 SAD_j 值小于阈值 T_1,则认为像素块对 $B_{2i-1,j}$ 和 $B_{2i+1,j}$ 的运动变化程度较小,将其像素块对归于保留块类。判决公式如式(5)所示。

$$SAD_j=\begin{cases} SAD_j & |SAD_j|\geqslant T_1 \\ 0 & |SAD_j|<T_1 \end{cases} \tag{5}$$

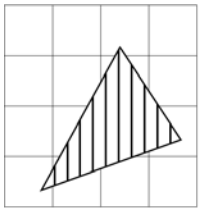

图2　图像帧分块

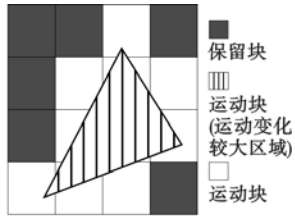

图3　图像帧划分块类型

c)对于属于保留块类的像素块,其运动变化程度较小,对运动内插估计的影响不大,为简化解码过程,忽略掉其变化。边信息帧中的像素块 $B_{2i,j}$ 将由前向关键帧中的对应像素块 $B_{2i-1,j}$ 直接替代,如式(6)所示。

$$B_{2i,j}=B_{2i-1,j} \tag{6}$$

对于属于运动块类的像素块,其运动变化程度较大,因此内插帧中的像素块 $B_{2i,j}$ 将采用以下介绍的改进的内插估计算法得到。

d)在运动补偿块类中,将各对应像素块的 SAD_j 值累加得到总和,并命名为 SAD_{sum}。求和计算公式如式(7)所示。

$$SAD_{sum}=\sum_{j=0}^{n}SAD_j \tag{7}$$

e)为了衡量运动块类中像素块的运动程度,对步骤 d)计算得到的 SAD_{sum} 值进行分析,设置一个阈值 T_2。当 SAD_{sum} 值大于阈值 T_2 时,说明像素块之间的运动变化较剧烈,将运动块类中各像素块的大小再划分为 2×2 的子块;当 SAD_{sum} 值小于或等于阈值 T_2 时,则将各像素块的大小保留不变。

2.2　改进的双向运动补偿插值算法

改进的双向运动补偿差值算法描述如下:

a)将前向关键帧 X_{2i-1} 作为参考帧,后向关键帧 X_{2i+1} 作为当前帧,像素块 $B_{2i+1,j}$ 为当前块,对 X_{2i-1} 整帧进行运动补偿内插,找到最佳匹配块并命名为 $B_{2i-1,p1}$,同时计算得到前向运动矢量 $MV_{f2i,j}$。

b)设边信息帧中对应像素块 $B_{2i,j}$ 相对于参考关键帧 X_{2i-1} 的前向运动矢量为 $MV_{ff2i,j}$,利用步骤 a)计算得到的前向运动矢量 $MV_{f2i,j}$,通过式(8)可得到 $MV_{ff2i,j}$ 的值。

$$MV_{ff2i,j}=-MV_{fb2i,j}=\frac{MV_{f2i,j}}{2} \tag{8}$$

c)利用式(8)中前向运动矢量 $MV_{ff2i,j}$ 与后向运动矢量 $MV_{fb2i,j}$ 方向相反、模值相等的特点,以边信息帧中像素块 $B_{2i,j}$ 为参考,在前关键帧 X_{2i-1} 中找到最佳匹配块并命名为 $B_{2i-1,p2}$,如图 4 所示。

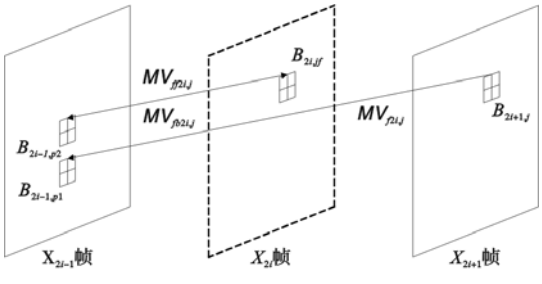

图4　改进的前向运动补偿内插

d)以匹配像素块 $B_{2i-1,p2}$ 为起点、$B_{2i-1,p1}$ 为终点,由式(9)可计算得到位移向量 MV_{fpp}:

$$MV_{fpp}(i,j)=(x_{B_{2i-1,p2}}-x_{B_{2i-1,p1}},y_{B_{2i-1,p2}}-y_{B_{2i-1,p1}}) \tag{9}$$

e)以匹配块 $B_{2i-1,p2}$ 为起点,以像素块 $B_{2i-1,p1}$ 为对应起点,利用后向运动矢量 $MV_{fb2i,j}$ 和位移向量 MV_{fpp},将当前像素块 $B_{2i+1,j}$ 设为对应终点的位置,在边信息帧 X_{2i} 中找到匹配像素块,并命名为 $B_{2i,jf}$,如式(10)所示。

$$B_{2i,jf}(i,j)=\frac{1}{2}\left[B_{2i-1,p2}\left(i-\frac{x_{MV_{f2i}}}{2},j-\frac{y_{MV_{f2i}}}{2}\right)+B_{2i+1,j}\left(i+\frac{x_{MV_{f2i}}}{2}+i_{MV_{fpp}},j+\frac{y_{MV_{f2i}}}{2}+j_{MV_{fpp}}\right)\right] \tag{10}$$

f)以后向关键帧 X_{2i+1} 作为参考帧、前向关键帧 X_{2i-1} 为当前帧、像素块 $B_{2i-1,j}$ 为当前块,对 X_{2i+1} 整帧进行运动估计,找到最佳匹配块并命名为 $B_{2i+1,p1}$,同时可计算得到后向运动矢量 $MV_{b2i,j}$。

g)设边信息帧中像素块 $B_{2i,j}$ 相对于参考关键帧 X_{2i+1} 的后向运动矢量为 $MV_{bb2i,j}$,利用步骤 f)得到的后向运动矢量 $MV_{b2i,j}$,通过式(11)可得到 $MV_{bb2i,j}$ 的值:

$$MV_{bb2i,j}=-MV_{bf2i,j}=\frac{MV_{b2i,j}}{2} \tag{11}$$

h)利用式(11)中后向运动矢量 $MV_{bb2i,j}$ 与前向运动矢量 $MV_{bf2i,j}$ 方向相反、模值相等的特点,以边信息帧中像素块 $B_{2i,j}$ 为参考,在后关键帧 X_{2i+1} 中找到最佳匹配块并命名为 $B_{2i+1,p2}$,如图 5 所示。

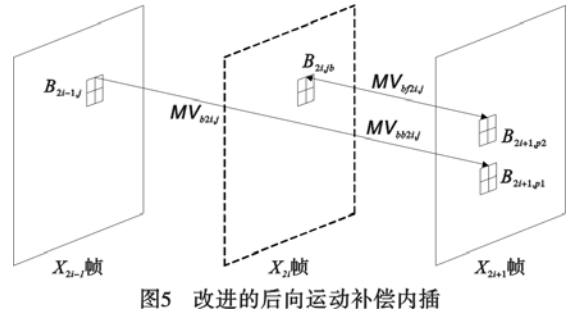

图5　改进的后向运动补偿内插

i)以匹配像素块 $B_{2i+1,p2}$ 为起点、$B_{2i+1,p1}$ 为终点,由式(12)可计算得到位移向量 MV_{bpp}:

$$MV_{bpp}(i,j)=(x_{B_{2i+1,p2}}-x_{B_{2i+1,p1}},y_{B_{2i+1,p2}}-y_{B_{2i+1,p1}}) \tag{12}$$

j)以匹配块 $B_{2i+1,p2}$ 为起点、像素块 $B_{2i+1,p1}$ 为对应起点,根据前向运动矢量 $MV_{bf2i,j}$ 和和位移向量 MV_{bpp},将当前像素块 $B_{2i-1,j}$ 设为对应终点的位置,在边信息帧 X_{2i} 中找到匹配像素块,并命名为 $B_{2i,jb}$,如式(13)所示。

$$B_{2i,jb}(i,j)=\frac{1}{2}\left[B_{2i-1,j}\left(i+\frac{x_{MV_{b2i}}}{2}+i_{MV_{bpp}},j+\frac{y_{MV_{b2i}}}{2}+j_{MV_{bpp}}\right)+B_{2i+1,p2}\left(i-\frac{x_{MV_{b2i}}}{2},j-\frac{y_{MV_{b2i}}}{2}\right)\right] \tag{13}$$

2.3　加权判决

a)将 2.2 节中 e)生成的像素块 $B_{2i,jf}$ 与匹配块 $B_{2i-1,p2}$ 采用求和绝对误差 SAD 来进行相关性计算,得到 $SAD_{f2i,j}$。

b)将 2.2 节中 j)生成的像素块 $B_{2i,jb}$ 与匹配块 $B_{2i+1,p2}$ 采用求和绝对误差 SAD 来进行相关性计算,得到 $SAD_{b2i,j}$。

c)利用以上求得的结果,由式(14)得到最终边信息帧中的内插估计像素块 $B_{2i,j}$。

$$B_{2i,j}=\frac{SAD_{b2i,j}^2}{SAD_{f2i,j}^2+SAD_{b2i,j}^2}B_{2i,jf}+\frac{SAD_{f2i,j}^2}{SAD_{f2i,j}^2+SAD_{b2i,j}^2}B_{2i,jb} \tag{14}$$

2.4　边信息帧生成

a)在边信息帧 X_{2i} 中,对属于运动块类的各像素块,按照

2.1 ~2.3 节的算法操作,分别对像素块进行计算,得到边信息帧中各对应像素块 $B_{2i,1} \sim B_{2i,n}$。

b)在边信息帧 X_{2i} 中,对属于保留块类的各像素块,在相同的编号位置,保持其像素块 $B_{2i,j}$ 不变。

c)将步骤 a)得到的属于运动块类的各像素块和步骤 b)中得到保留块类的像素块按其下标编号顺序排列,最终得到边信息帧 Y_{2i}。

3 仿真实验和分析

3.1 仿真实验

为了验证提出的算法的编码效率,进行了几组实验,分别对典型视频序列 foreman、carphone、coastguard 的前 100 帧进行了编/解码测试。实验采用了以下测试条件:

a)序列格式均为 QCIF(176@144)。

b)设置奇数帧为关键帧(K 帧),偶数帧为 WZ 帧,且假设关键帧 K 帧能不失真地传输到解码端。

c)规定 LDPC 作为 Slepian-Wolf 编码器[10];K 帧采用传统的 H.264 Intra 编码[9]。

d)实验中只计算 WZ 帧,WZ 帧的帧率为 15 fps,GOP 的长度为 2。

e)量化电平为 $2^M \in \{2,4,8,16\}$ 的均匀量化器,如此可以获取系统不同的率失真(rate distortion,RD)点。

f)实验设定像素块分类阈值 $T1 = 200$,像素块再分判决阈值 $T2 = 800$。

为了更明确地显示算法的有效性,只计算 Wyner-Ziv 帧的亮度信号的码率及 PSNR。测试结果与 H.264 Intra 编码、H.264 Inter 编码、ISIG 编码算法[11]进行比较,如图 6 ~8 所示。

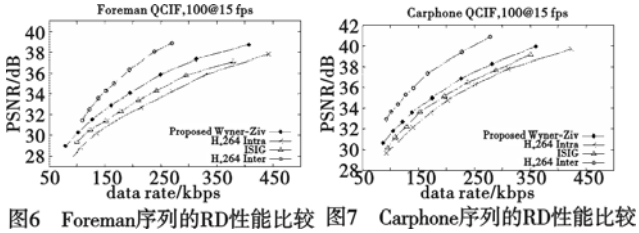

图6 Foreman序列的RD性能比较

图7 Carphone序列的RD性能比较

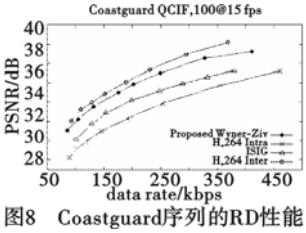

图8 Coastguard序列的RD性能比较

3.2 结果分析

提出的 Wyner-Ziv 算法的特点是帧内编码帧间解码,其性能应介于帧间编/解码和帧内编/解码之间。从图 6 ~8 中可以看到,H.264 Inter 编/解码方式的性能最好,而 H.264 Intra 最差,符合理论推测。提出的 Wyner-Ziv 算法只需对序列进行帧内编码,其编码复杂度与 H.264 Intra 编/解码方式相当,但在 RD 性能上平均提高了 1 ~3 dB,相比 ISIG 算法平均提高了 0.5 ~1.5 dB,但相比 H.264 Inter 编/解码方式还存在一定的差距。

从图 7 中可以看出,在 coastguard 序列的 RD 性能比较中,所提出的 Wyner-Ziv 算法的 RD 性能与传统的 H.264 Inter 帧间编码差距最小,说明对于运动剧烈的视频序列,Wyner-Ziv 算法的编码效率降低。这是因为 carphone 序列中帧间运动量较大,该序列中包含有大量的面部表情变化以及背景变换,使得帧间运动变化量增加,由此保留块类中的像素块数量减少,从而增大了算法计算量和编码复杂度,导致编码效率降低。

从图 6 和 8 可以看到,在 foreman 序列和 coastguard 序列的 RD 性能对比中,所提出的算法相比传统的 H.264 Inter 帧间编码,其 RD 性能平均提高明显,尤其在 coastguard 序列中。这是由于 foreman 序列属于运动量较小的视频序列,运动变化程度不大,而 coastguard 序列中的运动变化主要是船只的移动,背景的伸缩变化较小。在改进的 Wyner-Ziv 算法中,采用了对像素块分类的思想,将变化程度不大的像素块保留,简化了编码复杂度,同时采用改进的双向运动补偿内插和加权判决,使得其边信息的质量提高。因此改进的算法对于运动变化程度较小的序列,编码效率提高更加明显。

4 结束语

通过分析分布式视频编/解码系统中的边信息估计技术,提出了一种块分类的双向运动估计的加权算法来解决边信息预测时带来的预测重叠问题。经过测试视频序列实验证明,算法提高了边信息的重建质量,WZ 帧的编码效率得到提升。为使编码性能与 H.264 Inter 编码方式的差距减小,今后的工作将针对不同运动程度的视频序列,展开对块分类阈值标准的研究,以及对匹配块快速搜索算法的改进。

参考文献:

[1] GIROD B, AARON A M, RANE S, *et al*. Distributed video coding [J]. Proceedings of the IEEE, 2005, 93(1): 71-83.

[2] SLEPIAN D, WOLF J K. Noiseless coding of correlated information sources[J]. IEEE Trans on Information Theory, 1973, 19(4): 471-480.

[3] WYNER A D, ZIV J. Rate-distortion function for source coding with side information at the decoder[J]. IEEE Trans on Information Theory, 1976, 22(1): 1-10.

[4] AARON A, ZHANG R, GIROD B. Wyner-Ziv coding of motion video[C]//Proc of Conference Record of the Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers. 2002: 240-244.

[5] LIU R, YUE Z, CHEN C W. Side information generation based on hierarchical motion estimation in distributed video coding[J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2009, 22(2): 167-173.

[6] 王凤琴,樊养余,张政伟,等. 一种有效的自适应边信息帧内插算法[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(22): 7215-7224.

[7] 卿嚣渡,何小海,吕瑞. DVC 中基于亚像素 MCI 的边信息重建[J]. 计算机工程, 2010, 36(3): 224-226.

[8] ASCENSO J, BRITES C, PEREIRA F. A flexible side information generation framework for distributed video coding[J]. Multimedia Tools and Applications, 2010, 48(3): 381-409.

[9] KARSTEN S. H.264/AVC software coordination[EB/OL]. http://iphome.hhi.de/suehring/tml.

[10] VARODAYAN D, AARON A, GIROD B. Rate-adaptive for distributed source coding[J]. Signal Processing, 2006, 86(11): 3123-3130.

[11] SHUI M Y, MOURAD O, FREDERIC D, *et al*. Improved side information generation for distributed video coding by exploiting spatial and temporal correlations[J]. EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2009, 2009(1): 1-15.