

中图法分类号: TN919.3 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2010)10-1436-08

索引信息: 蒋建国, 吕荣, 包先雨. 一种改进的自适应增强型时域错误隐藏算法[J]. 中国图象图形学报, 2010, 15(10): 1436-1443

一种改进的自适应增强型时域错误隐藏算法

蒋建国^{1),2)}, 吕荣¹⁾, 包先雨¹⁾

¹⁾ (合肥工业大学计算机与信息学院, 合肥 230009)

²⁾ (安全关键工业测控技术教育部工程研究中心, 合肥 230009)

摘要: 考虑到错误块的处理次序对隐藏图像质量的影响, 提出了一种改进的自适应增强型时域错误隐藏算法。该算法利用相邻正确信息或隐藏后的信息, 不断估算错误宏块(MB)的次序值, 每次选择恢复次序值最大的错误MB。在隐藏错误MB时, 首先判断其分割模式及其子宏块(SMB)的隐藏顺序, 再根据帧内平均运动矢量大小, 自适应地选择基于纹理的单边重叠边界匹配算法(TBSS-OBMA)或基于纹理的双边重叠边界匹配算法(TBDS-OBMA), 从候选运动矢量(MV)中找出该MB或SMB的最佳恢复MV。通过性能比较和具体实验效果分析, 此算法能够在高误码率下更好地提高错误图像质量, 就PSNR来说, 比参考软件JM12.2中采用的隐藏算法可提高1.16dB。

关键词: 时域错误隐藏; 隐藏次序; 边界匹配算法

An improved adaptively enhanced temporal error concealment algorithm

JIANG Jianguo^{1),2)}, LÜ Rong¹⁾, BAO Xianyu¹⁾

¹⁾ (School of Computer & Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009)

²⁾ (Engineering Research Center of Safety Critical Industrial Measurement and Control Technology, Ministry of Education, Hefei 230009)

Abstract: The processing order of error blocks has an important effect on the improvement of concealed image quality, an improved adaptively enhanced temporal error concealment algorithm is thus proposed. The algorithm continuously estimates the order value of error macroblock(MB) using the received or concealed adjacent information, and only the error MB with the largest order value is restored at each time. When conceals an error MB, firstly we determine its partition mode and the concealed order of its sub-macroblock(SMB), then chooses the best motion vector(MV) for the error MB or SMB from the candidate MVs, by adaptively use the single-sided or double-sided overlapping boundary matching algorithm based on texture(TBSS-OBMA or TBDS-OBMA). The experiment results show that the proposed algorithm can improve the quality subjectively or objectively aspect in the same error environment, and the improvement of 1.16dB in PSNR can be achieved comparing to JM12.2.

Keywords: temporal error concealment; concealed order; boundary matching algorithm

0 引言

新一代视频压缩编码标准 H. 264/AVC 因其优

异的压缩性能, 被广泛应用到视频传输通信服务中, 但由于压缩视频流易受传输信道的影响, 尤其是在不稳定的无线信道传输时, 不可避免地造成错误或丢包, 而变长编码技术(VLC)又使得误码扩散, 甚至

基金项目: 国家自然科学基金项目(60474035); 国家教育部博士点基金项目(20060359004); 安徽省自然科学基金项目(070412035)。

收稿日期: 2009-04-16; 改回日期: 2009-06-24

第一作者简介: 蒋建国(1955—), 男。合肥工业大学教授、博士生导师。1989年于合肥工业大学获信号、电路与系统专业硕士学位。现主要研究方向为多媒体信息处理、DSP应用等。E-mail: jgg@ah165.net。

影响到了整个视频序列。为提高压缩视频流的抗误码性能,错误隐藏技术成为近年来研究的热点。

Wang 等人^[1]将错误隐藏技术主要分为 3 类:前向错误隐藏、交互式错误隐藏和后向错误隐藏方法。其中后向错误隐藏是在不改变原始码流结构的情况下尽可能弥补传输差错对图像质量的影响,因而得到了广泛应用。后向错误隐藏技术又大致分为空域错误隐藏(SEC)和时域错误隐藏(TEC)两类。SEC 通过利用视频当前帧内的空间信息来隐藏误码,如双线性插值、MPF-MAP^[2-3]等,主要用于隐藏 I 帧。TEC 通常利用相邻块的运动矢量(MV)信息来估计错误块的 MV,继而从参考帧中找到补偿块,在隐藏 P 帧时应用广泛。本文主要研究 TEC 算法。

1 相关工作分析

解码端若能正确接收到错误块的 MV 信息(mv_r, mv_c)(如在编码时采用数据分割技术等),则直接采用运动补偿技术进行错误隐藏;否则须先估计当前帧内错误块的 $MV(\tilde{m}v_r, \tilde{m}v_c)$,再进行运动补偿,隐藏公式为

$$\tilde{I}(r, c, n) = \bar{I}(r - \tilde{m}v_r, c - \tilde{m}v_c, n - 1) \quad (1)$$

式中, (r, c) 为错误块在当前帧中的坐标,公式右边为参考帧 $(n - 1)$ 中的对应块像素值。一般情况下,基于时间相关性进行错误隐藏,关键问题就是如何找到合适的运动矢量 MV 。

H. 264 参考软件 JM12.2 版本中是以边界匹配算法(BMA)为准则,直接从候选 MV 中选出最佳运动矢量来隐藏 P 帧错误的。Zheng 等人^[4]利用相邻运动矢量的运动趋势建立拉格朗日内插公式,再通过该公式恢复错误块的运动矢量。这两种算法简单,易实现;缺点是当块与块之间存在运动物体边界时,匹配准则或建立的内插公式不可靠。

Wu 等人^[5]基于各个错误块的边缘敏感性大小依次对其进行排序隐藏,提高了隐藏后的图像质量。该方法只考虑到错误块周围的水平和垂直信息,对于边缘信息主要由其相邻上下左右信息获取时隐藏效果显著,如图 1 中(a)(b)所示。但若错误块中的运动目标边缘信息与主副对角方向的宏块(MB)信息关系密切时,则会造成隐藏效果下降,如图 1(c)(d)所示。另外,以 MB 为单位进行处理和隐藏,意味着对该 MB 内所有的像素点,都具有相同的运动方向和强度,这对当 MB 是静态的或一致性运动的时比

较适合,但是如果 MB 内原本包含有很多边界及细节信息,只采用一个 MV 就无法提供足够精度的隐藏效果。Kim 等人^[6]提出,通过充分利用相邻块的模式信息来估计当前错误 MB 的模式信息,进而有选择地确定其候选 MV ,再根据匹配准则从候选 MV 中选出代价最小的运动矢量来恢复错误。这对当其相邻块大部分是正确接收或者已隐藏时效果显著,但不适宜用在高错误率的情况。Li 等人^[7]首先根据加权双边外部边界匹配错误(WDS-EBME)准则对每个候选分割模式进行估算,然后再选择具有最小 WDS-EBME 值的分割模式来隐藏错误 MB,但不适宜用于隐藏运动量变化较大的视频序列。

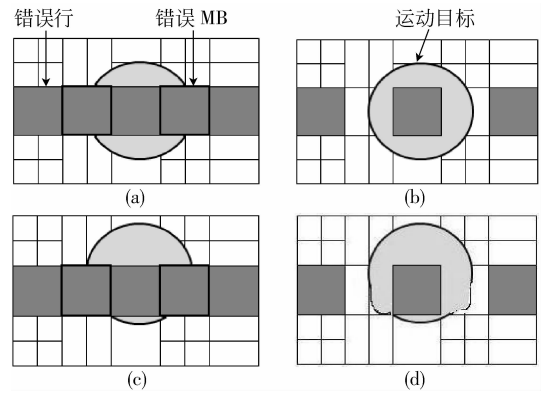


图 1 不同边缘信息位置对图像隐藏的影响

Fig. 1 Different edge conditions for the moving object having different effects on image concealment

2 改进的自适应 TEC 算法

针对以上问题,提出了一种改进的自适应增强型 TEC 方法。该算法给出了一种能适应在高误码率环境下有效判断错误 MB 的分割方式,充分利用了错误 MB 的相邻信息,并根据一帧内平均 MV 的大小自适应地选择匹配准则,从候选 MV 中找出最佳恢复运动矢量,使得隐藏效果更加准确。改进算法流程图如图 2 所示,首先根据接收到的周围边缘信息计算每个错误 MB 的次序函数,选出具有最大次序值的错误 MB;然后利用相邻信息判断该错误 MB 的分割模式和子宏块(SMB)的隐藏顺序,再根据帧内平均 MV 大小自适应地选择匹配准则来寻找 MB 或 SMB 的最佳候选 MV ;最后重新计算剩余错误 MB 的次序函数值,选择此时具有最大次序值的错误 MB 进行隐藏,循环反复,直至所有错误 MB 隐藏完毕。

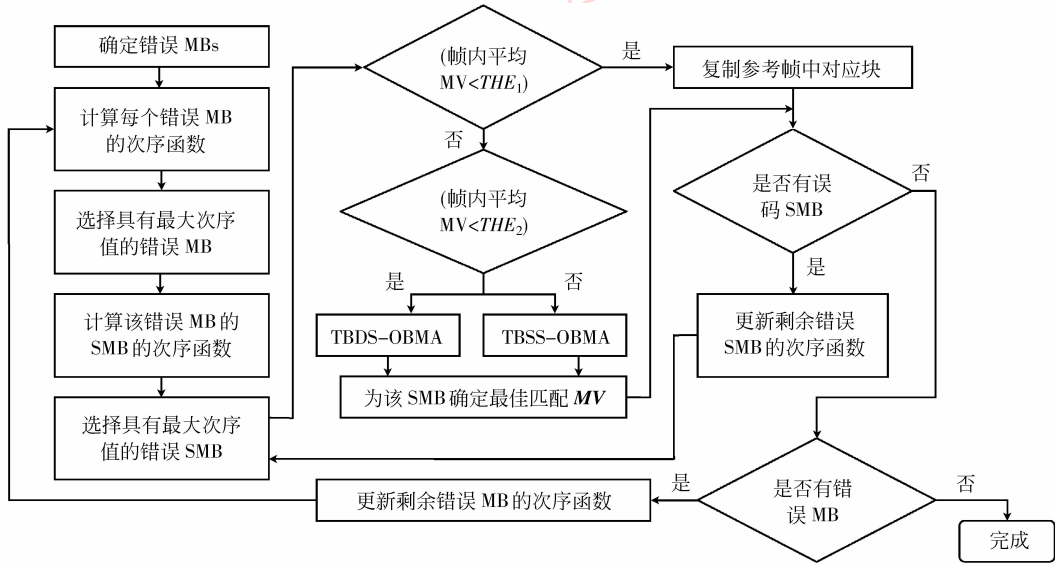


图 2 提出的改进方法的流程图

Fig. 2 Flowchart of the improved enhanced TEC

2.1 MB 次序函数的估算

设 $O_{MB}(r, c)$ 为 MB 的次序函数, 定义为

$$O_{MB}(r, c) = E_{MB}(r, c) + B_{MB}(r, c) \quad (2)$$

式中, (r, c) 为 MB 在当前帧中的位置, 如图 3 所示。

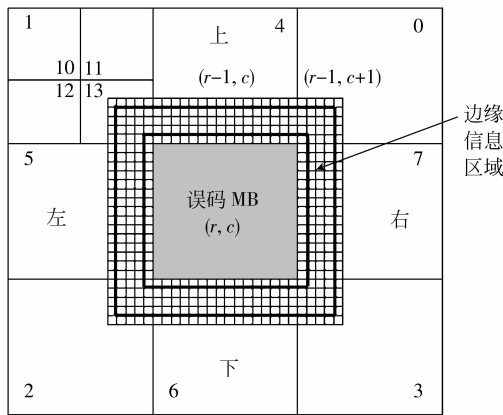


图 3 错误宏块相邻边缘信息区域

Fig. 3 Adjacent edge information areas for the error MB

边界函数 $B_{MB}(r, c)$ 和边缘强度 $E_{MB}(r, c)$ 公式分别如下所示, 其中前者的定义主要是为了削弱或防止 1 维方向上的错误扩散。

$$B_{MB}(r, c) = \left| \frac{1}{2} - \frac{c}{\text{int}(picSizeX \gg 4)} \right| \quad (3)$$

$$E_{MB}(r, c) = C_{MB}(r-1, c) \times Edge(12, 14, 0, 15)_{(r-1, c)} + C_{MB}(r+1, c) \times Edge(1, 3, 0, 15)_{(r+1, c)} +$$

$$C_{MB}(r, c-1) \times Edge(0, 15, 12, 14)_{(r, c-1)} + C_{MB}(r, c+1) \times Edge(0, 15, 1, 3)_{(r, c+1)} + C_{MB}(r-1, c-1) \times (Edge(12, 15, 12, 14)_{(r-1, c-1)} + Edge(12, 14, 15, 15)_{(r-1, c-1)}) + C_{MB}(r-1, c+1) \times (Edge(12, 15, 1, 3)_{(r-1, c+1)} + Edge(12, 14, 0, 0)_{(r-1, c+1)}) + C_{MB}(r+1, c-1) \times (Edge(0, 3, 12, 14)_{(r+1, c-1)} + Edge(1, 3, 15, 15)_{(r+1, c-1)}) + C_{MB}(r+1, c+1) \times (Edge(0, 3, 1, 3)_{(r+1, c+1)} + Edge(1, 3, 0, 0)_{(r+1, c+1)}) \quad (4)$$

信任度函数 $C_{MB}(r, c)$ 和边缘强度限制函数 $Edge(x_u, x_d, y_l, y_r)_{(r, c)}$ 分别定义如下, 其中 $x_d \geq x_u, y_r \geq y_l, x_d, x_u, y_r, y_l \in [0, 15]$, (i, j) 为 MB 内像素坐标, $M(i, j)$ 为经 Sobel 算子提取的边缘信息。

$$C_{MB}(r, c) = \begin{cases} 0 & \text{MB 是误码 MB} \\ THE_MB & \text{MB 是隐藏后的 MB} \\ 1 & \text{MB 是正确接收的 MB} \end{cases} \quad (5)$$

$$Edge(x_u, x_d, y_l, y_r)_{(r, c)} = \frac{\sum_{i=x_u}^{x_d} \sum_{j=y_l}^{y_r} M^1(i, j)}{(x_d - x_u + 1) \times (y_r - y_l + 1)} \quad (6)$$

$$M^1(i, j) = \begin{cases} 0 & M(i, j) < THE_3 \\ M(i, j) & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

2.2 SMB 的模式判断及其次序函数的估算

如图 4 所示,MB 的模式分割判断主要分以下几种情况:

1) 如图 4(a) 所示,当相邻 4 个 MB 都是正确接收或经过隐藏时,利用 Kim^[6]提出的方法来判断错误 MB 的分割模式,具体见图 5 和表 1 所示;

2) 相邻 MB 只有 3 个是正确或隐藏的时,如图 4(b) 所示,当上下 MB 模式为 inter 8 × 8 或 inter 8 × 16,则判断错误 MB 为 inter 8 × 16,此时若又左边 MB 模式为 inter 8 × 8 或 inter 16 × 8,则错误 MB 为 inter 8 × 8;当 3 个相邻 MB 模式一样而又都不是 inter 8 × 8 时,错误 MB 模式与其相同;

3) 当只有两个不相邻的错误 MB 时,如图 4(c) 所示,若上下 MB 模式为 inter 8 × 8 或 inter 8 × 16,则判断错误 MB 为 inter 8 × 16,又若上下 MB 模式一样而又不是 inter 8 × 8 时,此时错误 MB 模式与其相同,当只有两个相邻的错误 MB 时,如图 4(d) 所示,若这两个 MB 模式相同,则错误 MB 模式与其一样;

4) 如图 4(e) 所示,当只存在一个正确或隐藏相邻 MB 时,则错误 MB 模式与其模式相同;

5) 当相邻 MB 全是错误时,如图 4(f) 所示,则错误 MB 模式默认为 inter 16 × 16。

除零运动矢量外,Block0—Block4 的候选 MV 还包括其各自相邻 SMB 的运动矢量,如图 6 所示。在经过分析计算得到 MB 的分割模式和 SMB 的次序函数值之后,拥有最大次序函数值的 SMB 首先从

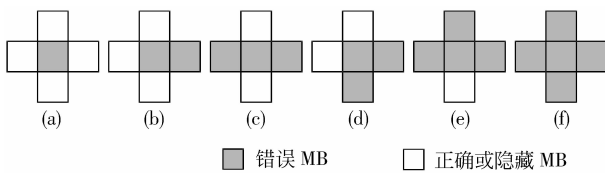


图 4 错误 MB 的相邻状况

Fig. 4 Conditions about the neighboring information of the error MB

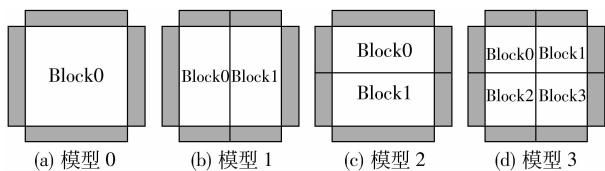


图 5 文献[6]提出的错误 MB 分割判断

Fig. 5 Decision for the error MB partition modes using the method proposed by article [6]

表 1 错误 MB 的模式分割判断

Tab.1 Decision for the error MB mode

模式定义	上下 MB 模式为 inter 8 × 8 或 inter 8 × 16	左右 MB 模式为 inter 8 × 8 或 inter 16 × 8	错误 MB 模式
模型 0	×	×	inter 16 × 16
模型 1	√	×	inter 8 × 16
模型 2	×	√	inter 16 × 8
模型 3	√	√	inter 8 × 8

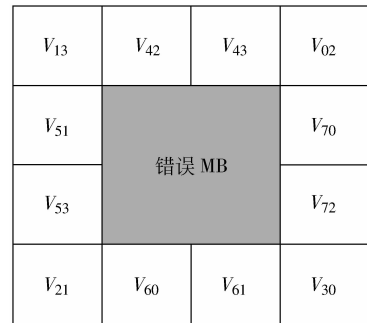


图 6 错误 MB 的候选 MV

Fig. 6 The candidate MVs of the error MB

其对应的候选 MV 中选择最佳恢复运动矢量,并将该最佳恢复运动矢量加入到拥有次大次序函数值的 SMB 的候选 MV 中,依次类推,以减少 SMB 之间的隐藏参差。

与选择候选 MV 方法类似,各个 SMB 选择与其相邻块的边缘信息,按照 MB 的次序函数计算方式估计其次序函数 $O_b(r, c)$, 然后进行排列隐藏即可。

2.3 TBSS-OBMA 与 TBDS-OBMA

相比 BMA,重叠边界匹配算法 (OBMA) 不但计算简单,而且适应当块与块之间存在运动物体边界的情况,能够选择出更为准确的最佳恢复运动矢量^[8],是比较常用的有效匹配准则。本文考虑到 MB 的纹理信息,提出了一种改进的 OBMA 算法,定义为

$$\begin{aligned}
 Cost_{TBSS} = & \sum_{i=1}^P \sum_{j=0}^{N-1} |F_{i_0-i, j_0+j}^r - F_{i_0-i+v_i, j_0+j+v_j}^r| + \\
 & \sum_{i=1}^P \sum_{j=0}^{N-1} |F_{i_0+M-1+i, j_0+j}^r - F_{i_0+M-1+i+v_i, j_0+j+v_j}^r| + \\
 & \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=1}^P |F_{i_0+i, j_0-j}^r - F_{i_0+i+v_i, j_0-j+v_j}^r| + \\
 & \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=1}^P |F_{i_0+i, j_0+N-1+j}^r - F_{i_0+i+v_i, j_0+N-1+j+v_j}^r| \quad (8)
 \end{aligned}$$

式中, (i_0, j_0) 为错误 MB 或者 SMB ($N \times M$) 的左上角像素位置, $v_i = mv_i + d_i, v_j = mv_j + d_j, (mv_i, mv_j)$ 为候选 MV 的水平和垂直分量, $F_{i,j}$ 和 $F'_{i,j}$ 分别为当前帧和参考帧中坐标为 (i, j) 的像素值, $d_i \in [-3, +3], d_j \in [-3, +3]$ 。因其只考虑了块边界的一侧, 故定义为基于纹理的单边边界匹配算法 TBSS-OBMA, 它只保持了边界的一个方向^[7]。

为能更好地恢复错误块, 定义了基于纹理的双边边界匹配算法 TBDS-OBMA, 如图 7 所示, $M = N = 16$, MB_1 是错误 MB, MB_2 是正确接收或经过隐

藏后的, 箭头指向的分别为 MB_1 和 MB_2 在参考帧中的运动补偿块。此时针对 MB_1 和 MB_2 之间的双边代价函数为

$$Cost_{TBDS_UP} = \sum_{m=1}^P \left(\sum_{n=0}^{15} |T_{mn} - S'_{mn}| + \sum_{n=0}^{15} |T'_{mn} - S''_{mn}| \right) \quad (9)$$

与此类似, 计算错误 MB 与其他相邻 MB 之间的代价函数, 然后加在一起就是 TBDS-OBMA 算法的匹配函数 $Cost_{TBDS}$ 。恢复 MV 的选择范围与 TBSS-OBMA 算法中的一致。

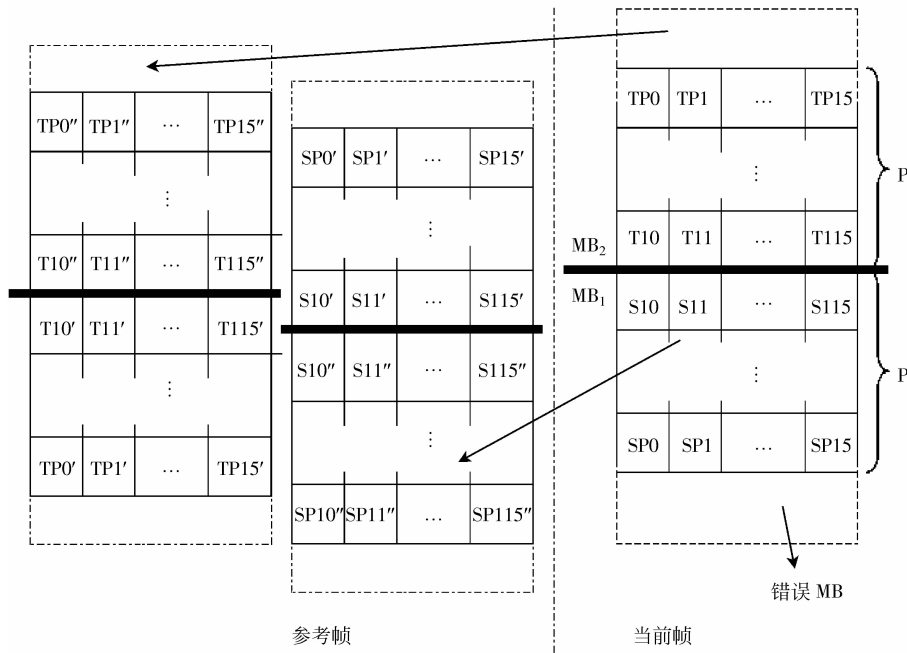


图 7 TBDS-OBMA 算法说明
Fig. 7 Illustration of TBDS-OBMA

由定义可知, TBDS-OBMA 更为精确, 但只适用隐藏运动量比较小的错误 MB, 故本文根据一帧内所有 MB 的平均 MV 大小来选择匹配准则, 当其小于一个阈值时匹配准则采用 TBDS-OBMA, 否则选 TBSS-OBMA。

3 实验结果分析

3.1 实验环境

实验以 H. 264 参考软件 JM12. 2 版本为平台, 测试 3 个 QCIF 序列: Foreman (80 帧)、Flower (80 帧) 和 Erik (50 帧), 测试序列类型为 IPPP……丢包率为 10% 和 20%, QP 取 30, $P = 8$, $THE_MB = 0.7$ 。

为了降低计算复杂度, 设阈值 THE_1 不为零; 又因 TBDS-OBMA 算法利于小运动量 MB 的恢复, 则 THE_2 值也不宜很大。通过多次实验验证, 得到最佳阈值 $THE_1 = 1$ 和 $THE_2 = 4$, 如图 8 所示。提出的改进算法将与文献[5-8], 以及 JM12. 2 中采取的 TEC 算法进行比较。故为了方便与 Wu 等人^[5]中算法做对比, 阈值 THE_3 取为 24。

3.2 算法性能分析

提出的改进算法与 Wu^[5]中方法相比, 主要有以下 3 点不同: 1) 文献[5]中是根据接收到的正确信息, 一次性估计出所有错误 MB 的次序值, 继而按着大小排序来隐藏错误 MB; 提出的改进方法不仅利用接收到的正确信息, 同时也根据隐藏后的信息

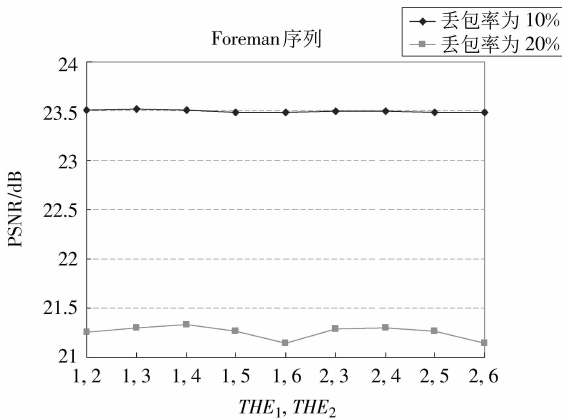


图 8 不同阈值的隐藏效果比较

Fig. 8 The concealed effects contrast among different threshold value of THE_1 and THE_2

逐层深入估算错误 MB 的次序值,而不是一次性估算的。2)在隐藏错误 MB 时,本文充分利用 MB 分割模式间的关联信息,划分模式寻找最佳的恢复块,其中对 SMB 的隐藏也做了次序处理,而不是简单寻找恢复 16×16 MB 模式的最佳 MV。3)本算法根据帧内平均 MV 大小,自适应地选择匹配算法(TBSS-OBMA 或 TBDS-OBMA),比文献[5]采用的算法更为灵活、更加准确。基于以上不同之处,本文改进算法的性能分析主要从这几个方面入手。

如表 2 所示为各算法隐藏后的 PSNR 值比较。由表 2 可以看出,提出的自适应选择匹配算法与文献[5-7]和 JM12.2 中算法相比,分别提高了 0.04 dB ~ 0.36 dB, 0.01 dB ~ 0.70dB, 0.39 dB ~ 0.92 dB 和 0.46 dB ~ 1.16 dB。文献[8]中算法除了在丢包率为 10% 的情况下恢复 Foreman 序列的效果略高于本文算法,在其他情况下都不及本文算法;且与 JM 中

表 2 不同错误隐藏算法的 PSNR/dB 值比较

Tab. 2 PSNR contrast among different algorithms

视频序列	Foreman		Flower		Erik	
	10%	20%	10%	20%	10%	20%
JM12.2	22.55	20.39	17.77	17.49	21.96	21.22
文献[5]	23.38	21.11	18.89	17.69	22.27	21.40
文献[6]	23.20	21.03	18.45	17.94	22.08	21.06
文献[7]	23.12	20.41	18.40	17.20	21.90	21.31
文献[8]	23.57	20.94	18.81	17.74	22.34	21.36
TBSS-OBMA	23.50	21.15	18.71	17.81	22.17	21.15
TBDS-OBMA	22.33	19.78	18.05	17.60	21.89	20.99
本文算法	23.51	21.33	18.93	17.95	22.55	21.76

采用的 BMA 匹配准则算法相比,文献[8]中采用的 OBMA 算法更胜一筹。另外,本文算法与只采用单个选择匹配算法相比隐藏效果更加准确,其中 TBDS-OBMA 比 TBSS-OBMA 算法虽然在理论上更加精确,但其因受 MV 大小的限制,应用范围较小,故在实际应用中后者算法隐藏效果要更好。

在相关分析中已经介绍,针对文献[5]方法的不足,如没有考虑到对角线方向 MB 的边缘信息,只以 MB 为单位进行顺序处理和隐藏等,本文对其进行了改进,为验证改进算法的性能,做了如下实验。图 9 所示为丢包率为 10% 和 20% 时的隐藏效果对比,其中 A 表示改进算法只利用正确接收的信息一次性估计错误 MB 的次序值,而不再采用隐藏后的信息进行重新估计;B 为改进算法不利用错误 MB 对角线方向的 MB 信息,只采用其 4 个相邻 MB 信息;C 是改进算法不对 SMB 进行排序,包括后一 SMB 的候选 MV 中不包括前一 SMB 的最佳恢复运动矢量;D 表示本文算法的 MB 模式判断方法改用文献[6]中算法;E 指文献[5]中算法;F 代表的是本文提出的改进算法。由图中可以看出, A, B, C 3 种情况对图像的隐藏效果有不同的影响, A 情况在丢包率为 20% 时对 Flower 和 Erik 序列隐藏较好,但对 Foreman 和当丢包率为 10% 时隐藏效果明显较差;在 B 情况下,对丢包率为 10% 时的 Flower 序列恢复效果略高于 E 情况,但是对其他情况下隐藏不好;C 情况基本上都低于 E 情况下的隐藏效果,尤其在隐藏纹理信息比较丰富的 Flower 序列时效果很差。D 情况在隐藏丢包率为 10% 的 Foreman 和丢包率为 20% 的 Flower 序列时效果比 E 情况好些,但

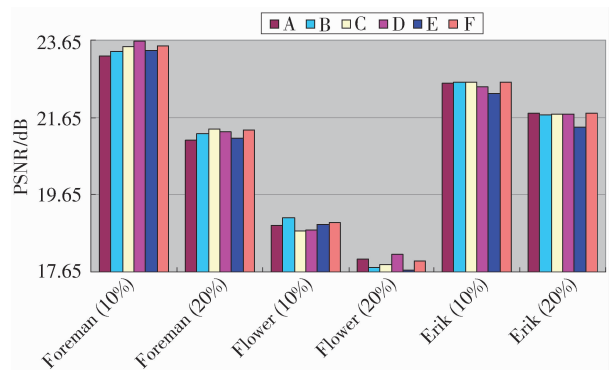


图 9 丢包率为 10% 和 20% 时的隐藏效果对比图

Fig. 9 The concealed effects contrast when the packet loss raise are 10% and 20%

是对于丢包率为 10% 的 Flower 序列的恢复效果还不如 F 情况的隐藏。

图 10 和图 11 分别表示为当丢包率为 10% 时第 11 帧 Foreman 图像和丢包率为 20% 时第 7 帧 Erik 图像的隐藏效果对比图,从图 10 中可以看出,

在墙拐处文献[6-8]和 JM12.2 恢复的图像明显有参差,而文献[5]和本文算法隐藏得比较好,另外,在帽子边缘处本文算法也恢复得最好;从图 11 中人的左脸、鼻子、嘴唇和耳朵等处也可以看出本文提出的改进算法隐藏图像的质量最高。



图 10 丢包率为 10% 时,第 11 帧 Foreman 隐藏效果比较

Fig. 10 Results comparison of the 11th Foreman image when the packet loss rate is 10%

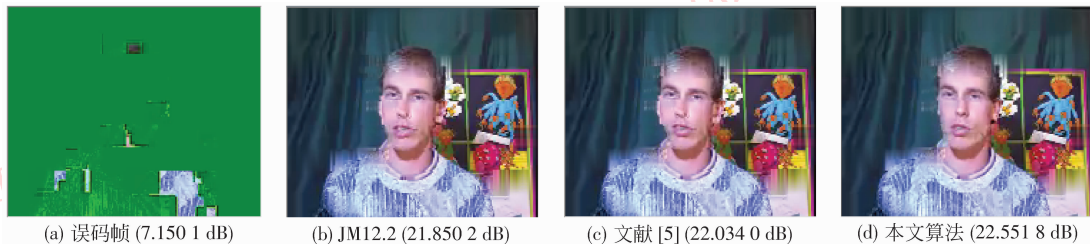


图 11 丢包率为 20% 时,第 7 帧 Erik 图像隐藏效果比较

Fig. 11 Results comparison of the 7th Erik image when the packet loss rate is 20%

3.3 计算复杂度分析

本次实验 PC 机规格为 AMD Athlon 处理器 1.91GHz 和 960MB 内存,以及 Windows XP OS。各视频序列在采用其他隐藏算法时相对采用本文改进算法的测试时间对比如表 3 所示。本文算法无论是在隐藏错误图像的主观质量上,还是在客观质量上虽都优于实验中其他算法,但在计算复杂度上要比它们稍高。在改进算法中,有的错误 MB 不止一次计算了次序函数,但在第 1 次计算了每个错误 MB 的次序函数之后,第 2 次只须修改刚隐藏 MB 的相邻 8 个 MB 中是错误 MB 的次序值,其余都不须再次计算,保留第 1 次得到的次序函数值即可,而且在重新计算这些错误 MB 的次序函数时,只须把第 1

次的次序函数值加上由于错误 MB 恢复带来的隐藏信息即可,因而也相对减少了计算过程。

表 3 其他算法的测试时间相对改进算法的百分比 /%

Tab.3 Test time contrast for other algorithms compared with the proposed

序列 丢包率	Foreman		Flower		Erik	
	10%	20%	10%	20%	10%	20%
JM12.2	-28.6	-48.6	-38.6	-47.6	-22.5	-47.2
文献[5]	-27.3	-36.2	-31.8	-29.2	-15.1	-37.7
文献[6]	-29.5	-49.3	-36.5	-45.4	-22.8	-43.3
文献[7]	-27.9	-47.2	-37.1	-46.8	-20.8	-41.4
文献[8]	-29.8	-46.3	-36.9	-48.2	-22.9	-45.6

4 结 论

提出的改进算法充分利用了 MB 的分割及其相邻边缘信息,并考虑到 MB 或 SMB 的隐藏次序对隐藏错误图像质量的影响,在稍微增加计算复杂度的基础上提出了一种改进的自适应增强型时域错误隐藏算法。经实验结果表明,在相同的错误环境下,该算法无论从主观上还是从客观上都能够很好地提高错误图像的隐藏质量。另外,阈值的选取会直接影响到边缘检测的结果,本算法选取的阈值为一个固定值,这对隐藏不同内容的视频序列,恢复效果会有所不同,如图 11(c)中背景框架右上角隐藏有些参差,但人物脸部分细节隐藏较好。如果能够根据不同内容的视频序列图像进行适当的阈值调整,则会取得更好的效果,但是自适应必然会带来了计算复杂度的增加。怎样自适应地选取阈值,又不过多地增加计算复杂度,从而更好地提高隐藏图像质量,是下一步将要研究的问题。

参考文献 (References)

- [1] Wang Y, Zhu Q. Error control and concealment for video communication: a review[J]. IEEE Transactions on Circuit and System for Video Technology, 1998, 86(5) :974-997.
- [2] Zhang Y, Ma K K. Error concealment for video transmission with dual multiscale Markov random field modeling [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2003, 12(2) :236-242.
- [3] Zhou Zhiheng, Xie Shengli. New adaptive MRF- MAP error concealment of video sequences [J]. Acta Electronica Sinica, 2006, 34(4) :628-633. [周智恒, 谢胜利. 新的自适应 MRF- MAP 视频序列错误掩盖 [J]. 电子学报, 2006, 34(4) :628-633.]
- [4] Zheng J H, Chau L P. A motion vector recovery algorithm for digital video using lagrange interpolation [J]. IEEE Transactions on Broadcasting, 2003, 49(5) :383-389.
- [5] Wu T H, Wu G L, Chen C Y. Enhanced temporal error concealment algorithm with edge-sensitive processing order [C] // Proceedings of IEEE International Symposium on Circuits and Systems. Washington DC, USA: IEEE, 2008: 3466-3469.
- [6] Kim D H, Yang S Y, Jeong J C. A new temporal error concealment method for H. 264 using adaptive block sizes [C] // Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing. Washington DC, USA: IEEE, 2005, 3:928-931.
- [7] Li J, Wgan K N. Adaptive partition size temporal error concealment for H. 264 [C] // Proceedings of IEEE Asia Pacific conference on Circuits and Systems. Washington DC, USA: IEEE, 2008:1739-1742.
- [8] Thaipanich T, Wu P H, Kuo C C J. Low-complexity video error concealment for mobile applications using OBMA [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2008, 54(2) :753-761.