

一种基于局部可信视差的立体图像误码掩盖算法

唐贵进,朱秀昌,刘天亮

(南京邮电大学江苏省图像处理与图像通信重点实验室,江苏南京 210003)

摘要: 为解决立体图像传输的差错问题,提出了一种基于局部可信视差的掩盖方法。首先,考虑到存在丢失块,并结合像素间色彩空间相似程度和几何空间距离接近程度等因素,设计了基准点偏置的窗口用于自适应权重的视差匹配;然后根据视差连续性原则和左右一致性约束,得出局部的可信视差;最后采用“胜者为王”(Winner-Takes-All)策略估计丢失块的视差,并根据此视差提取相应块来进行误码掩盖。实验结果表明,与其他掩盖算法相比,该算法在计算复杂度相当的情况下,无论在重建图像的 PSNR 还是主观质量上均具有较好的效果。

关键词: 立体图像; 误码掩盖; 基准点偏置; 自适应权重; 胜者为王

中图分类号: TN911.73 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2013) 04-0781-06

电子学报 URL: <http://www.ejournal.org.cn>

DOI: 10.3969/j.issn.0372-2112.2013.04.026

An Error Concealment Algorithm for Stereoscopic Images Based on Local Reliable Disparities

TANG Gui-jin, ZHU Xiu-chang, LIU Tian-liang

(Jiangsu Key Laboratory of Image Processing & Communication, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing, Jiangsu 210003, China)

Abstract: In order to minimize the transmission errors for stereoscopic images, we propose an error concealment algorithm based on local reliable disparities. First, taking the block loss and the factors of color similarity and geometric distance proximity into account, we design a base-point-biased window to conduct the adaptive weight disparity matching. Second, local reliable disparities are calculated according to the disparity constancy and left-right consistency. Finally, the Winner-Takes-All (WTA) strategy is adopted to estimate the disparity of lost block which will be used to get the data of corresponding block for error concealment. Experimental results show that compared with other algorithms, the proposed method can produce better PSNR and subjective quality of reconstructed image while the computational complexity is almost the same.

Key words: stereoscopic images; error concealment; base-point-biased; adaptive weigh; winner-takes-all

1 引言

误码掩盖是一种在接收端进行差错控制的方法,它无需依赖编码器,基本和编码方式无关,因而在单目(二维)视频传输中得到广泛的应用。近年来,随着立体视频应用的兴起,关于双目视频的误码掩盖技术也开始吸引科研工作者的注意^[1~5]。文献[1]利用视点间相关性,采用光照补偿来恢复丢失块。文献[2]在2D投影变换的基础上,进一步结合最大平滑来提高掩盖的效果。文献[3]针对多视视频,提出了时间双向、视间双向及多假设的三种掩盖模式,并给出了一个选择方案用于根据不同的

丢失块特性选择不同的掩盖模式。文献[4]研究了立体视频整帧丢失的掩盖,根据视间相似的运动矢量和灰度差来恢复丢失帧。宋等^[5]提出了双模式掩盖方法,该方法对丢失块的内容进行判断,并根据判定的结果选择通道内或通道间掩盖。

上述方法主要考虑丢失块与时间域或空间域中相应块的关系,很少涉及与周围像素之间的关系。特别地,当处理对象为立体图像时,其时间相关性和运动矢量属性将不再可以利用,视差相关性成为掩盖时可利用的重要参数。根据视差连续性原则,丢失块周围像素的视差应与丢失块视差具有较好的一致性。据此,本文提出

了一种基于可信视差的掩盖方法. 首先利用基准点偏置的匹配窗口, 为丢失块周围一圈像素进行自适应权重的视差估计, 然后根据视差左右一致性原则, 剔除不可信视差, 并基于“胜者为王”(WTA)策略从可信视差中估计出丢失块视差, 最后根据此估计视差恢复出丢失块内容.

2 准欧氏极线校正

立体成像系统按摄像机位置的不同, 分为平行结构和汇聚结构. 后者相比于前者, 对应点除了水平视差外, 还存在垂直视差. 对于接收端, 往往无法获知摄像机内部参数, 为此, 本文采用文献[6]的方法, 首先进行未标定图像的准欧氏(Quasi-Euclidean)极线校正. 经过校正后, 视差匹配仅需在水平方向上进行, 从而缩短了搜索时间, 并避免在垂直方向上的误匹配.

3 局部可信视差的获取

3.1 参考像素点的选取

假设包含丢失块图像为左目图像, 右目图像能正确解码, 因此, 对于左目图像而言, 要完成整幅图像的全部稠密视差匹配是不可能的, 只能够选取对预测丢失块视差关联较大的像素点进行, 同时, 结合视差连续性约束原则, 即除边缘和遮挡区域外, 视差矢量的变化应该具有连续性、光滑性, 可以推断利用丢失块周围相邻像素点的视差来预测丢失块的视差将具有较好的预测效果. 本文选取丢失块周围一圈的像素点作为参考像素点. 当丢失块大小为 $W_{\text{lost}} \times W_{\text{lost}}$ 时, 图 1 显示了参考像素点与丢失块位置关系.

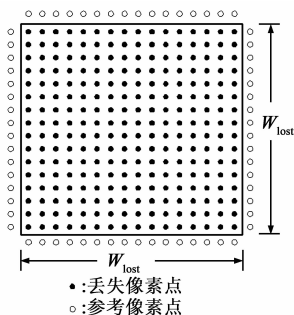


图1 参考像素点与丢失块位置关系

3.2 基准点偏置的匹配窗口

为了得到上述周围一圈像素的稠密视差, 必须对它们进行逐点匹配. 根据匹配基元的不同, 立体匹配算法主要分为三类^[7,8]: 区域匹配、特征匹配和相位匹配. 区域匹配可以得到整幅图像的视差图, 但计算量大. 特征匹配将搜索范围限制在景物自身的一系列稀疏的特征上, 通过强调空间景物的结构信息来解决匹配歧义性问题^[9], 计算速度快, 但是只能得到稀疏的视差场.

相位匹配对图像的高频噪声有很好地抑制作用, 能获得亚像素级精度的视差, 但往往存在相位奇点等问题^[10,11]. 由于本文要得到局部稠密视差, 因此, 采用区域匹配算法来进行视差估计.

区域匹配算法多采用基于窗口的方法. 考虑到自适应窗口^[12]和多窗口^[13]方法寻找最优的支撑窗口具有较大难度, 属于 NP-难问题^[14], 因此, 本文采取自适应权重的窗口算法. 对丢失块周围一圈未丢失的像素(即参考像素)中的任一个像素而言, 当以其作为匹配窗口的基准点时, 由于它紧邻丢失块, 无法构建基准点定位于几何空间中心的匹配窗口, 否则, 窗口必包含丢失块里面的像素. 因此, 本文设计了基准点偏置的匹配窗口, 即基准点不处于匹配窗口中心而处于其一条边的中间. 根据参考像素点之于丢失块的空间位置, 基准点偏置的匹配窗口又可以细分为四种, 如图 2 所示(其中匹配窗口大小为 $W_m \times W_m$):

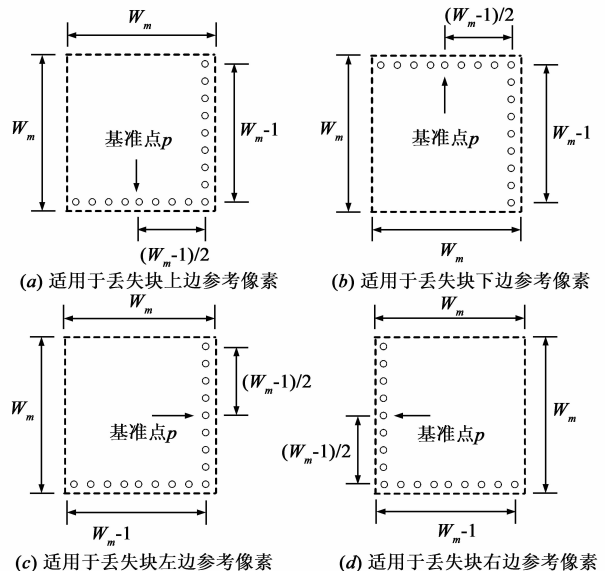


图2 基准点偏置的匹配窗口

3.3 自适应权重的稠密视差匹配

接下来考虑匹配代价问题. 一般而言, 匹配代价等于匹配窗口内所有像素的代价值累加. 传统的基于窗口的方法, 在计算匹配代价时, 窗口内每个像素的权重都设置为 1. 而据图像的统计特性, 像素间的相关性随着距离的增大近似呈指数关系下降. 显然, 这样的权重赋值有失偏颇. 因此, 本文采用文献[15]的自适应权重的视差匹配, 将权重 w 表示为像素间色彩相似程度和几何位置接近程度的函数:

$$w(p, q) = f(\Delta c_{pq}, \Delta g_{pq}) \quad (1)$$

其中, Δc_{pq} 和 Δg_{pq} 分别代表像素 p, q 之间的色彩差异和空间距离, $f(\Delta c_{pq}, \Delta g_{pq})$ 代表格式塔理论(Gestalt theory)中, 当 Δc_{pq} 和 Δg_{pq} 给定时, 相似程度和接近程度的组强

度.由于 Δc_{pq} 和 Δg_{pq} 可以看成独立事件^[15],因此, $f(\Delta c_{pq}, \Delta g_{pq})$ 可以表示为:

$$f(\Delta c_{pq}, \Delta g_{pq}) = f_s(\Delta c_{pq}) \times f_p(\Delta g_{pq}) \quad (2)$$

其中, $f_s(\Delta c_{pq})$ 和 $f_p(\Delta g_{pq})$ 分别代表相似程度的组强度和接近程度的组强度.

对于 $f_p(\Delta g_{pq})$, 利用拉普拉斯核, 可以定义为:

$$f_p(\Delta g_{pq}) = \exp\left(-\frac{\Delta g_{pq}}{\gamma_p}\right) \quad (3)$$

其中, Δg_{pq} 为图像域中 p, q 两点的欧氏距离, 而 γ_p 则跟窗口大小有关且有 $\gamma_p \propto$ 窗口大小.

当 Δc_{pq} 表示 CIELab 色彩空间中两个色彩 $c_p = [L_p, a_p, b_p]$ 、 $c_q = [L_q, a_q, b_q]$ 的欧氏距离时, $f_s(\Delta c_{pq})$ 可以表示为:

$$f_s(\Delta c_{pq}) = \exp\left(-\frac{\Delta c_{pq}}{\gamma_c}\right) \quad (4)$$

其中, γ_c 为一系数.

由于一般图像采用 RGB 的方式记录, 本文仿照文献^[14]的做法, 在 RGB 空间计算 Δc_{pq} , 即 Δc_{pq} 为 $c'_p = [R_p, G_p, B_p]$ 与 $c'_q = [R_q, G_q, B_q]$ 的欧氏距离.

在计算出不同的权重后, 像素 p 和 \bar{p}_d 之间的相异度即匹配代价函数可以表示为:

$$E(p, \bar{p}_d) = \frac{\sum_{q \in N_p, \bar{q}_d \in N_{\bar{p}_d}} w(p, q) w(\bar{p}_d, \bar{q}_d) e(q, \bar{q}_d)}{\sum_{q \in N_p, \bar{q}_d \in N_{\bar{p}_d}} w(p, q) w(\bar{p}_d, \bar{q}_d)} \quad (5)$$

其中, p, q 为参考图像中的两点, \bar{p}_d, \bar{q}_d 为目标图像中对应点, 且位移为 d ; $N_p, N_{\bar{p}_d}$ 分别为以 p, \bar{p}_d 为基准点组成的窗口; $e(q, \bar{q}_d)$ 为色彩点 q 和 \bar{q}_d 之间的匹配代价.

采用 WTA 策略为参考点 p 选择最佳的视差, 即:

$$d_p = \arg \min_{d \in s_d} E(p, \bar{p}_d) \quad (6)$$

其中, $s_d = \{d_{\min}, \dots, d_{\max}\}$ 是一个所有可能的视差的集合.

依次给周围一圈像素做自适应权重的视差匹配, 从而得到局部的稠密视差.

3.4 视差可信性检测

由于立体图像中存在遮挡区域、均匀区域和重复性区域, 所以估计出的视差不一定是可信的. 因此, 对上述局部稠密视差进行可靠性检测. 本文采用视差左右一致性约束规则^[16]来处理, 可用公式表示为:

$$\text{Reliable}(x, y) = \begin{cases} 1, & |d_{LR}(x, y) + d_{RL}(x', y)| \leq T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

其中, $d_{LR}(x, y)$ 、 $d_{RL}(x', y)$ 分别表示 (x, y) 从左到右的视差、 (x', y) 从右到左的视差, $x' = x + d_{LR}(x, y)$, T 为阈值.

逐点进行上述操作, 得到局部的可信视差, 它们将

作为丢失块视差的候选视差. 由于进行了可信检测, 视差可能不再稠密, 可以采用文献^[17, 18]的方法对它们进行填充, 从而得到局部稠密视差. 对于填充出的视差, 本文称之为“次可信”视差.

4 丢失块视差估计与掩盖

对于丢失块而言, 现在已经获得其周边的局部可信视差. 根据视差连续性原则, 其周围像素的视差应与丢失块视差具有较好的一致性. 显然, 局部可信视差不可能全部相等, 因此, 本文算法将局部可信视差(即抛弃“不可信”和“次可信”视差)组成候选视差集合, 并根据“胜者为王”策略, 从该集合中选出对应项作为丢失块的视差, 即:

$$d_{\text{lostblock}} = \arg \max_{d_i \in \Phi} \{p_{d_1}, p_{d_2}, \dots, p_{d_N}\} \quad (8)$$

其中, d_i 为可靠视差, Φ 为所有可靠视差的集合, p_{d_i} ($0 \leq i \leq N$) 表示可靠视差为 d_i 的像素点的概率, N 为集合 Φ 中不同视差的数量.

根据此视差矢量, 映射到参考图像中的匹配块, 利用此匹配块的内容来掩盖当前丢失块, 如图 3 所示.

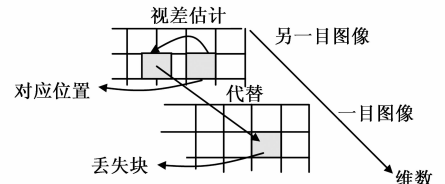


图3 根据估计的丢失块视差进行差错掩盖

5 实验结果与分析

为测试本文算法的性能, 选用 teddy、venus 和 tsukuba 作为实验对象, 丢失块大小为 16×16 , 且假定丢失块发生在左图像, 丢块图样如图 4 所示.



图4 丢包图样

在试验中, 假设错误已经被检查出来, 同时假设传输时使用了块交织技术, 从而可以保证丢失块都是独立的. 图像质量采用客观评价(以峰值信噪比 PSNR 为准则)和主观评价来衡量, PSNR 定义为:

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \frac{M \times N \times 255^2}{\sum_{j=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{N-1} [f(j, k) - f'(j, k)]^2} \quad (9)$$

其中, M, N 为图像宽和高, f 表示原始图像, f' 表示重建图像.

5.1 参数 W_m 和 T 的影响分析

首先测试匹配窗口的大小参数 W_m 对实验结果的影响,此时视差可信性 $T=1$,实验结果如图 5 和图 6 所示.

从图 5 中可以看出,匹配窗口大小对性能有影响,但不是窗口越大 PSNR 越大,也不是窗口越小 PSNR 越大,PSNR 是一个波动值,但是可以看出,当匹配窗口为 3 时,PSNR 一般都比较小,这是因为此时窗口太小了,严重影响了候选视差的估计,从而导致 PSNR 较小.

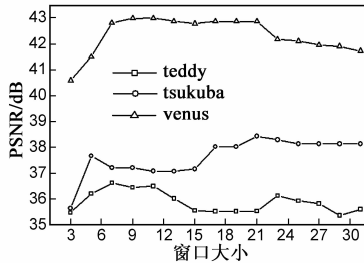


图5 不同窗口大小下的PSNR

从图 6 中可以看出,随着窗口大小的增加,耗时会急剧增加.而且,对于不同的测试图像,当掩盖的丢失块数目相等时(如图中 teddy 和 venus),则处理时间几乎相等(图中 teddy 和 venus 曲线基本重合),需要处理的丢失块越多(如图中的 venus 相比于 tsukuba),耗时越多,而且,窗口越大,耗时差距将越明显.

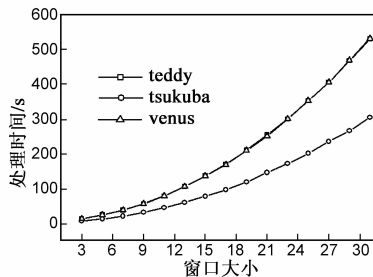


图6 不同窗口大小下的耗时

综合图 5 和图 6,并考虑到此处丢失块大小为 16×16 ,本文算法的窗口大小在 $9 \times 9 \sim 19 \times 19$ 之间选择较为合适.

接下来测试可信性阈值 T 对实验结果的影响,结果如图 7 和图 8 所示.

从图 7 中可以看出,当阈值取 0 时,视差可信性约束过于严格,导致很多可信的点被当作不可信的点舍去,导致候选视差中可信点过少,从而使得估计出的丢失块视差不准确.当阈值取 1 时,能够取得较好的 PSNR 值.而且,除去阈值为 0 的点外,都有 PSNR 随着 T 的增加而减小的趋势,因为阈值越大,“不可信”的视差被误判为“可信”视差的概率越大,从而对最终的结果产生不利的影响.当然,PSNR 随着 T 的增加而减小不是绝

对的,比如图 7 中 teddy 曲线,存在下凹的点,这是因为存在误匹配块比正确估计出的丢失块的 PSNR 大的可能.

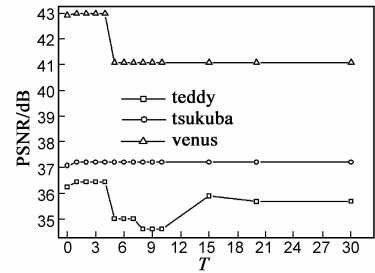


图7 不同阈值T下的PSNR

在图 8 中,对于任一条曲线,都近似呈水平状态,说明了可信性阈值的选取对耗时没有影响,再次验证了耗时取决于需要掩盖处理的块的数量.

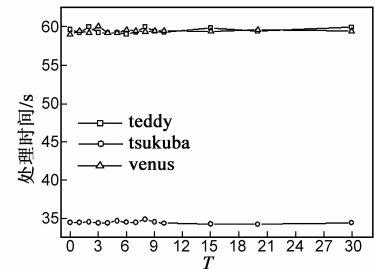


图8 不同阈值T下的耗时

5.2 重建图像质量比较

此处共比较七个算法,分别是:双线性内插的方法、零视差填充法(即用参考图像中与目标图像丢失块空间上相对应位置块的内容填充丢失块)、文献[19]的算法、文献[20]的算法、文献[5]的算法、文献[21]的算法以及本文的算法(可信性阈值 T 为 1,匹配窗口为 9×9),其中,双线性内插方法公式为:

$$p(i, j) = \frac{p_u * d_b + p_b * d_u + p_l * d_r + p_r * d_l}{d_b + d_u + d_r + d_l} \quad (10)$$

其中, p_u, p_b, p_l, p_r 分别为与待恢复像素 $p(i, j)$ 最邻近的上下左右四个有效像素的值, d_u, d_b, d_l, d_r 分别为这四个有效像素点与待恢复像素点之间的距离.

各个算法实验测得的 PSNR 如表 1 所示.

表 1 不同算法下误码掩盖的 PSNR 值(单位: dB)

图像名 算法	teddy	venus	tsukuba
双线性内插	33.5802	34.3092	33.0046
零视差填充	24.6038	30.2242	29.0366
文献[19]的算法	35.2311	35.2964	31.9288
文献[20]的算法	34.9767	36.3279	32.9784
文献[5]的算法	35.6581	36.5120	33.3950
文献[21]的算法	36.9610	39.1378	36.9013
本文算法	36.4479	42.9952	37.2157

从表 1 可以看出,本文的算法明显优于其他几个算法,对于 venus 图像,甚至达到约 3dB 之高。

下面以 teddy 为例,比较这些算法的重建图像主观质量,如图 9 所示。

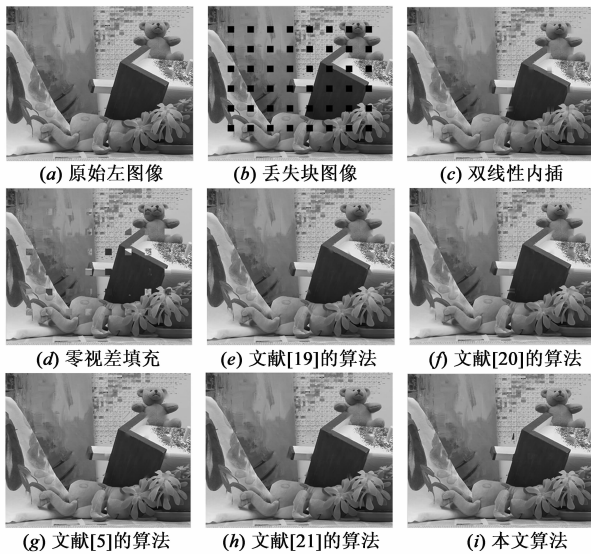


图9 不同算法下的重建图像

从上图可以看出,其他算法由于在单幅图像内掩盖或者双幅掩盖时匹配精度不佳等问题,掩盖后的块存在内部较模糊以及块效应明显等现象,而本文的算法则具有较好的主观效果。当然,本文的算法也可能存在误匹配较大的块,如第 21 个丢失块的掩盖效果较差。

5.3 计算复杂度比较

下面对上述几个算法的计算复杂度进行比较,测试环境中 CPU 为 Pentium 2.93GHz,内存为 750MB,操作系统为 Windows XP,结果如表 2 所示。

表 2 不同算法下计算耗时(单位:s)

图像名 算法	teddy	venus	tsukuba
双线性内插	0.250	0.250	0.188
零视差填充	0.190	0.187	0.172
文献[19]的算法	17.560	19.156	13.390
文献[20]的算法	298.453	270.859	213.203
文献[5]的算法	65.734	62.578	36.594
文献[21]的算法	60.783	61.031	34.901
本文算法	59.969	59.704	34.613

从表 2 中可以看出,本文算法和文献[5,21]的算法计算时间相当,双线性内插法和零视差填充法虽然计算耗时很短,但结合表 1 和图 9,会发现基于它们的重建图像 PSNR 值以及主观质量都比较差。文献[19]的算法比本文算法耗时短,但其 PSNR 值和主观质量均低于本文算法,文献[20]的算法耗时则太长。

对于纹理较为丰富的图像,由于其像素间相关性

变差,导致匹配视差不准,误码掩盖后可能会出现块效应,这时对块边界可以采取平滑措施,从而在一定程度上提高视觉效果。

6 结束语

误码掩盖是易错网络中对付错误数据的重要解决方案之一,目前针对立体图像/视频的差错如何有效地掩盖还属于没有确切答案的问题^[21]。本文提出了一种适用于立体图像的误码掩盖方法,并将其计算复杂度和掩盖效果与其他算法进行了比较。实验结果表明,本文算法具有明显的优势。当然,本文算法也存在掩盖时误处理的情况,这将是需要进一步研究的工作。

参考文献

- [1] Shuai Yang, Yan Zhao, Shigang Wang, Hexin Chen. Error concealment for stereoscopic video using illumination compensation [A]. Proceedings of the IEEE International Conference on Consumer Electronics[C]. Las Vegas, Nevada, USA, 2011. 181 - 182.
- [2] C Clemens, M Kunter, S Knorr, T Sikora. A hybrid approach for error concealment in stereoscopic images[A]. Proceeding of the 5th International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services[C]. Lisbon, Portugal, 2004. 1 - 8.
- [3] K Song, T Chung, Y Oh, C Kim. Error concealment of multi-view video sequences using inter-view and intra-view correlations[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2009, 20(4): 281 - 292.
- [4] Tae-Young Chung, Sanghoon Sull, Chang-Su Kim. Frame loss concealment for stereoscopic video based on inter-view similarity of motion and intensity difference [A]. Proceeding of the 17th IEEE International Conference on Image Processing[C]. Hong Kong, 2010. 441 - 444.
- [5] 宋丽娟,朱秀昌.基于双模式的立体图像误码掩盖[J].应用科学学报, 2010, 28(1): 19 - 23.
SONG Li-guan, ZHU Xiu-chang. Bi-mode based error concealment for stereoscopic images[J]. Journal of Applied Sciences-Electronics and Information Engineering, 2010, 28(1): 19 - 23. (in Chinese)
- [6] Andrea Fusiello, Luca Irsara. Quasi-euclidean epipolar rectification of uncalibrated images[J]. Machine Vision and Applications, 2011, 22(4): 663 - 670.
- [7] 颜轲,万国伟,李思昆.基于图像分割的立体匹配算法[J].计算机应用, 2011, 31(1): 175 - 178.
YAN Ke, WAN Guo-wei, LI Si-kun. Stereo matching algorithm based on image segmentation[J]. Journal of Computer Applications, 2011, 31(1): 175 - 178. (in Chinese)
- [8] 李锦成,袁保宗.一种新的立体图像匹配方法[J].电子学报, 1988, 16(1): 6 - 11.

- LI Jin-cheng, YUAN Bao-zong. A new approach to stereo image matching[J]. Aata Electronica Sinica, 1988, 16(1):6 – 11. (in Chinese)
- [9] 朱庆, 吴波, 万能, 徐志祥, 田一翔. 具有良好重复率与信息量的立体影像点特征提取方法[J]. 电子学报, 2006, 34(2):205 – 209.
- ZHU Qing, WU Bo, WAN Neng, XU Zhi-xiang, TIAN Yi-xiang. An interest point detect method to stereo images with good repeatability and information content[J]. Acta Electronica Sinica, 2006, 34(2):205 – 209. (in Chinese)
- [10] 王翀. 立体视频压缩编码关键技术的研究[D]. 南京: 东南大学, 2010.
- Wang chong. Research on key technologies of compression coding of stereo video [D]. Nanjing: Southeast University, 2010. (in Chinese)
- [11] 徐彦君, 杜利民, 侯自强, 金贵昌. 基于相位的尺度自适应立体匹配方法[J]. 电子学报, 1999, 27(7):38 – 41.
- XU Yan-jun, DU Li-min, HOU Zi-qiang, JIN Gui-chang. A scale-adaptive phase-based stereo matching method[J]. Acta Electronica Sinica, 1999, 27(7):38 – 41. (in Chinese)
- [12] O Veksler. Fast variable window for stereo correspondence using integral images[A]. Proceeding of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition[C]. Madison, WI, USA: IEEE, 2003. 556 – 561.
- [13] S B Kang, R Szeliski, C Jinxjang. Handling occlusions in dense multi-view stereo[A]. Proceeding of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition[C]. Kauai, HI, USA: IEEE, 2001. 103 – 110.
- [14] Zheng Gu, Xianyu Su, Yuankun Liu, Qican Zhang. Local stereo matching with adaptive support-weight, rank transform and disparity calibration [J]. Pattern Recognition Letters, 2008, 29 (9): 1230 – 1235.
- [15] Kuk-Jin Yoon, In So Kweon. Adaptive support-weight approach for correspondence search[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2006, 28(4): 650 – 656.
- [16] 伍春洪, 付国亮. 一种基于图像分割及邻域限制与放松的立体匹配方法[J]. 计算机学报, 2011, 34(4):755 – 760.
- WU Chun-hong, FU Guo-Liang. A stereo matching method based on K-means segmentation and neighborhood constraints relaxation[J]. Chinese Journal of Computers, 2011, 34(4): 755 – 760. (in Chinese)
- [17] Jong Dae Oh, Siwei Ma, C-C Jay Kuo. Stereo matching via disparity estimation and surface modeling[A]. Proceeding of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition[C]. Minneapolis, Minnesota, USA, 2007. 1696 – 1703.
- [18] 刘天亮, 罗立民. 一种基于分割的可变权值和视差估计的立体匹配算法[J]. 光学学报, 2009, 29(4):1002 – 1009.
- LIU Tian-liang, LUO Li-min. Segmentation-based stereo matching algorithm with variable support and disparity estimation[J]. Acta Optica Sinica, 2009, 29(4):1002 – 1009. (in Chinese)
- [19] R F Zhang, Y H Zhou, X D Huang. Content-adaptive spatial error concealment for video communication[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2004, 50(1):335 – 341.
- [20] X Li, M T Orchard. Novel sequential error-concealment techniques using orientation adaptive interpolation [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2002, 12(10):857 – 864.
- [21] Xinguang Xiang, Debin Zhao, Siwei Ma, Wen Gao. Auto-regressive model based error concealment scheme for stereoscopic video coding[A]. Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing [C]. Prague, Czech Republic, 2011. 849 – 852.

作者简介



唐贵进 男, 1979年3月出生于江苏海安。南京邮电大学通信与信息工程学院副教授, 在职博士研究生, 主要研究方向为无线 Mesh 网络中端到端立体视频 QoS 保障。
E-mail: tanggj@njupt.edu.cn



朱秀昌 男, 1947年8月出生于江苏丹徒。教授, 博士生导师, 江苏省图像处理与图像通信重点实验室主任, 主要研究方向为图像处理与多媒体通信。



刘天亮 男, 1980年10月出生于江西信丰。2010年获东南大学工学博士学位, 现为南京邮电大学通信与信息工程学院讲师, 主要研究方向为计算机视觉与模式识别。