

一种基于平面运动视差不变性的立体视频整帧丢失重建技术

刘菁华 陈 婧

(华侨大学信息科学与工程学院 福建 厦门 361021)

(厦门市移动多媒体通信重点实验室 福建 厦门 361021)

摘要 针对立体视频单个视点中的整帧丢失问题,提出基于平面运动视差不变性的差错隐藏方案。该方案主要包括两个部分:1)利用两个视点的运动一致性,根据视差定位目标位置,把正确接收视点的当前帧与前一帧的帧差投影到丢失帧所在视点,作为当前帧与前一帧的帧差,再由帧差及前一帧的像素值重建丢失的帧;2)根据空洞特征自适应地选择基于邻域的方法或基于运动向量的方法进行空洞填补。实验结果表明,所提算法能够高质量地重建丢失的帧,其重建质量优于现有算法。

关键词 立体视频,差错隐藏,视差估计,丢失帧重建

中图分类号 TN919.8 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2018.06.048

Whole Frame Loss Concealment Method for Stereo Video Based on Disparity Consistence

LIU Jing-hua CHEN Jing

(College of Information Science & Engineering, Huaqiao University, Xiamen, Fujian 361021, China)

(Xiamen Key Laboratory of Mobile Multimedia Communications, Xiamen, Fujian 361021, China)

Abstract A whole frame loss concealment method for stereoscopic video was proposed in this paper. It consists of two parts. Firstly, based on the consistency of object motions in neighboring views, the frame difference between the current and previous frame in the correctly received view is projected onto the view of lost frame via the estimated disparities. Then, the lost frame is recovered from the projected frame difference and its previous frame. Secondly, according to the characteristics of holes, two alternative methods are adaptively performed to effectively fill the holes. Experimental results show that the proposed frame loss concealment method for stereoscopic video can effectively restore the lost frame at the decoder and outperforms several existing methods.

Keywords Stereoscopic video, Error concealment, Disparity estimation, Frame loss concealment

随着网络和视频技术的发展,立体视频在现实生活中得到了越来越广泛的应用。由于互联网和无线信道不能为立体视频提供可靠的传输,因此编码比特流不可避免地会发生误码或丢包。在低码率视频传输的情况下,一个数据包往往包含一帧甚至多帧的数据,一旦数据包丢失,很可能造成整帧图像内容的丢失,导致该图像组(Group of Pictures, GOP)后续帧的重建质量严重下降。

作为一种视频质量增强技术,差错隐藏方法可以解决由于传输过程中数据包丢失所导致的解码图像质量下降的问题^[1]。常见的视频差错隐藏方法是假设丢失单个或多个连续宏块,利用时域、空域或频域的相关性重构丢失的宏块^[2-4]。针对立体视频,文献[2]提出的差错隐藏方法根据事先推断出的受损块的参考模式,以及受损块的视差和运动强度来自适应地选择视点间相关或时域相关进行差错隐藏。文献[3]提出了一种基于编码预测方式统计分析的差错隐藏方法,其根

据丢失宏块周围正确接收到的块的预测方式、运动和视差向量等信息判断丢失宏块的运动特性,进而实施相应的差错恢复。文献[4]提出了一种基于边界相邻模块相关特性的差错隐藏方法。文献[5]根据成对立体视频帧的光照变化规律提出了视点间的宏块匹配算法,提高了宏块及条片(Slice)丢失的重建效果。对于整帧丢失的情况,最简单的方法就是进行帧拷贝或运动矢量拷贝,这对于运动较激烈的视频序列而言,重建失真相当严重。为此,文献[6-11]提出了一些针对整帧丢失的差错隐藏方法。其中, Sun等^[6]提出了一种基于反向投影的差错隐藏方法,即采用双向运动矢量外推法来获得每个运动向量在前后帧的最佳投影,将对这两个最佳运动向量进行线性插值得到的运动向量作为最终运动向量来重构丢失帧。Bilen等^[7]提出了两种差错隐藏方法——基于块的立体视频差错隐藏(SCA-B)和基于像素的立体视频差错隐藏(SCA-P),这两种方法利用两个视点间的视差和前面已解码

到稿日期:2017-04-17 返修日期:2017-08-21 本文受福建省自然科学基金青年项目(2017J05103),华侨大学高层次人才资助项目(16BS709)资助。

刘菁华(1980—),女,硕士,讲师,主要研究方向为多媒体信息处理与融合,E-mail:jinghualiu1215@yahoo.com.hk;陈婧(1980—),女,博士,副教授,主要研究方向为图像及视频信号处理,E-mail:chenjing8005@hqu.edu.cn(通信作者)。

帧的运动信息重建丢失帧,然而它们会产生不同程度的方块效应。Pang 等^[8]假设丢失帧和前一帧的预测模式基本一致,基于此提出了一种包含两个独立子算法的差错隐藏方法——时域差错隐藏(TEC)和空域差错隐藏(SEC)。Chung 等^[9]提出了一种基于深度信息的差错隐藏方法,其根据深度信息对错误宏块的编码模式进行估计,选择视点内或视点间的方式进行错误宏块的重建。文献^[10]基于立体视频视点间运动向量和亮度差的相似性,给出了一种带有空洞填补的差错隐藏方法。以上针对整帧丢失的差错隐藏算法都是假设运动目标是进行匀速直线平移运动的,然而这种假设常常与实际不符,会降低重建视频的主观质量和客观质量。另外,文献^[11]提出了一种基于 DIBR(Depth Image Based Rendering)的整帧差错隐藏算法,其利用深度图像信息进行空洞的填补,该算法受限于深度图像,若深度图像在传输过程中丢失,则其差错隐藏效果将受到较大影响。文献^[12]定义了时域相似尺度(TSM)和视点间相似尺度(ISM),根据视频序列的时域一致性,将前一时刻丢失视点的图像宏块预测模式作为丢失图像宏块的预测模式,进而使用运动补偿预测和视差补偿预测方法来恢复丢失信息。这种方法降低了差错隐藏的计算复杂度。

为充分利用立体视频的视点间相关性,进一步提高立体视频传输过程中整帧图像丢失时的差错隐藏效果,本文首先根据平面运动视差不变的原理,提出基于视差的帧差投影及丢失帧重建方法,利用视点内和视点间的相关性采用帧差投影的方法重建丢失帧与前一帧的帧差,并在此基础上重建丢失帧;针对帧差投影重建方法会产生空洞的问题,提出一种根据空洞的特征自适应地选择基于邻域的方法或基于运动向量的方法进行空洞填补,以进一步提高差错隐藏效果。利用视差进行定位,将正确接收视点的当前帧与前一帧之差映射到丢失帧所在的视点,在此基础上实现丢失帧重建,是本文所提算法的最主要的特点。

1 基于平面运动视差不变性的差错隐藏原理

本文采用的立体视频编码方案如图 1 所示。其中,左视点利用运动补偿预测(Motion Compensation Prediction, MCP)技术消除视频序列的时间冗余;右视点结合视点内的运动补偿预测(MCP)和视点间的视差补偿预测(Disparity Compensation Prediction, DCP),选择误差较小者作为其最佳预测。因此可以利用视点间的相关性来提高编码效率。

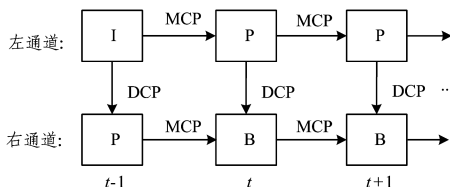


图 1 本文所采用的立体视频编码方案

Fig. 1 Stereoscopic video coding scheme used in this paper

由于当立体视频流通过一个低码率的信道进行传输时,每个 P 帧或 B 帧的码流可能小于网络传输单元的大小,因此一个数据包的丢失会导致整帧图像的丢失。当噪声干扰不太严重时,连续丢包的可能性不大。因此,如何根据立体视频具有两个视点的特性,有效利用其视点内相邻两帧间的时间相

关性以及同一时间不同视点间的相关性,成为了恢复立体视频丢失帧的关键问题。由于一般自然图像中运动物体在前后帧的深度变化很小,而近似目标在进行平面运动,其视差基本不变,因此可以采用基于视差的投影方法重建丢失的点。这就是基于平面运动视差不变的映射原理,其原理图如图 2 所示。

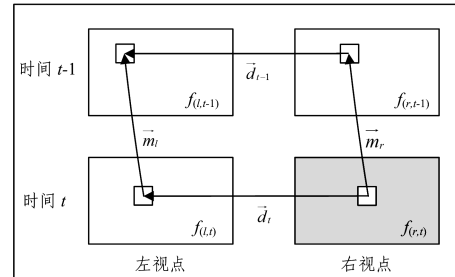


图 2 平面运动条件下立体视频运动矢量和视差矢量之间的关系

Fig. 2 Relation between motion vectors and disparity vectors of stereoscopic video under plain motion

图 2 中, $f_{(l,t-1)}$, $f_{(r,t-1)}$, $f_{(l,t)}$ 和 $f_{(r,t)}$ 分别表示 $t-1$ 和 t 时刻左右两个视点的帧图像;小方块表示运动物体内部的某一个点在 4 帧图像中的对应位置; \vec{m}_l 和 \vec{m}_r 分别表示该点在左视点和右视点的运动矢量; \vec{d}_{t-1} 和 \vec{d}_t 分别代表 $t-1$ 和 t 时刻的视差矢量。假设目标在进行平面运动,前后帧的景深基本不变,则可近似认为该点在同一时刻的左右两个视点的运动向量相似,前后帧的视差相近,即:

$$\vec{m}_l \approx \vec{m}_r = \vec{m}, \vec{d}_{t-1} \approx \vec{d}_t = \vec{d} \quad (1)$$

不失一般性,设丢失帧为 t 时刻右视点的帧 $f_{(r,t)}$,拟重建的像素为 $f_{(r,t)}(x,y)$,当不发生遮挡时, $f_{(r,t)}(x,y)$ 与左视点的对应点 $f_{(l,t)}(x,y)$ 的关系可表示为:

$$f_{(r,t)}(x,y) = f_{(l,t)}(x + \vec{d}_{x,y}, y) \quad (2)$$

其中,视差 $\vec{d}_{x,y}$ 可通过 $f_{(r,t-1)}(x,y)$ 和 $f_{(l,t-1)}(x,y)$ 求出。也就是说,丢失帧 $f_{(r,t)}(x,y)$ 的每个像素都可以利用对应的帧 $f_{(l,t-1)}(x,y)$, $f_{(r,t-1)}(x,y)$ 和 $f_{(l,t)}(x,y)$ 得出。

2 基于视差的帧差投影及立体视频丢失帧的重建

2.1 基于视差的帧差投影及其在丢失帧重建中的应用

图 3 给出了基于视差的帧差投影及立体视频丢失帧重建算法的示意图。其中, $f_{(l,t-1)}$, $f_{(r,t-1)}$, $f_{(l,t)}$ 和 $f_{(r,t)}$ 分别表示在 $t-1$ 和 t 时刻的左右两个视点图像,其中 $f_{(l,t-1)}$, $f_{(r,t-1)}$ 和 $f_{(l,t)}$ 为已正确解码的图像帧, $f_{(r,t)}$ 为当前丢失帧,则基于帧差投影的丢失帧重建就是把左视点中 $f_{(l,t-1)}$ 和 $f_{(l,t)}$ 两帧之差作为 $f_{(r,t-1)}$ 和 $f_{(r,t)}$ 之差的近似值映射到右视点,再对帧差和 $f_{(r,t-1)}$ 进行求和,重建丢失帧 $f_{(r,t)}$ 。考虑到多数自然视频图像都包含大量的背景区域,这些区域可以直接从同一视点的前一帧图像进行复制,因此帧差投影只需对前景(即变化区域)进行投影即可。综上所述,基于帧差投影的丢失帧重建包括 3 个主要步骤:1)变化区域的检测,检测出左视点当前帧 $f_{(l,t)}$ 和前一帧 $f_{(l,t-1)}$ 的变化区域;2)基于视差的帧差投影,根据平面运动视差不变准则,通过视差估计找出右视点对应的变化区域及右视点当前帧 $f_{(r,t)}$ 和前一帧 $f_{(r,t-1)}$ 的变化区域;3)丢失帧的重建。

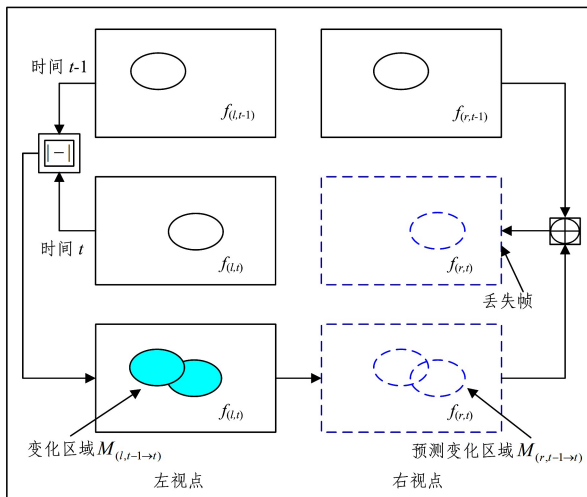


图3 基于视差的帧差投影及立体视频丢失帧重建算法示意图
Fig. 3 Illustration of frame difference projection and stereo video loss frame reconstruction

具体过程如下。

1) 变化区域的检测

对于已解码的左视点图像 $f_{(l,t-1)}$ 和 $f_{(l,t)}$, 计算帧差图像:

$$\Delta f_{(l,t-1 \rightarrow t)}(x, y) = f_{(l,t)}(x, y) - f_{(l,t-1)}(x, y) \quad (3)$$

为了分离变化区域和背景, 对其进行均值滤波去噪, 并利用迭代阈值法^[11]求得变化区域的标志图像 $M_{(l,t-1 \rightarrow t)}$:

$$M_{(l,t-1 \rightarrow t)}(x, y) = \begin{cases} 1, & |\Delta f_{(l,t-1 \rightarrow t)}(x, y)| \geq T_{threshold} \\ 0, & |\Delta f_{(l,t-1 \rightarrow t)}(x, y)| < T_{threshold} \end{cases} \quad (4)$$

其中, 阈值 $T_{threshold}$ 通过如下迭代得到:

①令均值滤波后 $|\Delta f_{(l,t-1 \rightarrow t)}(x, y)|$ 的最大值和最小值的平均值为 $T_{threshold}$ 的初始阈值;

②利用 $T_{threshold}$ 将帧差图分为 P_1 和 P_2 两个像素集, 其中, P_1 由差值大于或等于 $T_{threshold}$ 的像素组成, P_2 由其余像素组成;

③分别计算像素组 P_1 和 P_2 的组内平均值, 记为 μ_1 和 μ_2 ;

④计算新的阈值 $T_{threshold} = (\mu_1 + \mu_2) / 2$ 。

重复步骤①—步骤④, 直到连续两次迭代后阈值之差不大于1。

2) 基于视差估计的帧差投影

为获得可靠的视差矢量, 本文采用基于最大窗口的二次立体匹配法^[13], 以 $t-1$ 时刻已解码的右视点图像帧 $f_{(r,t-1)}$ 为参考帧, 左视点图像帧 $f_{(l,t-1)}$ 为当前帧, 对变化区域 $M_{(l,t-1 \rightarrow t)}$ 进行视差估计, 获得运动区域的真实视差 d_{real} 。对于平行轴摄像机系统, 根据外极线约束法则, 其视差为水平方向。在最大窗口视差估计中, 本文将 SAD 作为匹配代价函数。

基于最大窗口的二次立体匹配法包含两个过程: 最大窗口视差估计和二次立体匹配。设右视点图像帧(参考图像) $f_{(r,t-1)}$ 固定不动, 左视点图像帧(当前待匹配图像帧) $f_{(l,t-1)}$ 在右视点图像帧上沿水平方向移动 d_w , 其最大视差值为 d_{max} , 则匹配代价函数为:

$$e_{SAD} = \frac{1}{(M-d_w) \times N} \sum_{y=0}^{N-1} \sum_{x=d_w}^{M-1} |f_l(x, y) - f_r(x-d_w, y)| \quad (5)$$

其中, $M \times N$ 为图像大小, $d_w \in \{-d_{max}, 0\}$, 则图像的全局视差为:

$$E_d = \arg \min_{d_w} e_{SAD} \quad (6)$$

由于图像内各部分的景深有差异, 不能用全局视差 E_d 作为各像素的视差, 需要进行二次视差匹配, 以求出各像素的实际视差。

为此, 首先将参考图像平移 d_w 个单位作为新的参考图像, 即 $f'_r(x, y) = f_r(x + E_d, y)$, 设二次匹配的窗口为 $m \times n$, d 为视差搜索范围, 则在点 (x, y) 处的匹配代价函数及局部视差为:

$$e_{SAD}(x, y, d) = \sum_{\gamma=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} \sum_{\xi=-\frac{n}{2}}^{\frac{n}{2}} |f_l(x + \gamma, y + \xi) - f'_r(x + \gamma - d, y + \xi)| \quad (7)$$

$$d(x, y) = \arg \min_d e_{SAD}(x, y, d) \quad (8)$$

左视点图像帧在点 (x, y) 处的实际视差为全局视差与局部视差之和:

$$d_{real}(x, y) = E_d^{(t-1)} + d^{(t-1)}(x, y) \quad (9)$$

其中, 上标 $t-1$ 表示所求的是当前帧的前一帧的视差。由于我们的目的是求出变化区域的视差, 因此只需要对变化区域内的像素进行二次匹配即可。

根据视差矢量、左视点帧差图像 $\Delta f_{(l,t-1 \rightarrow t)}(x, y)$ 和左视点图像的变化区域标志 $M_{(l,t-1 \rightarrow t)}(x, y)$ 即可估计出右视点当前帧 $f_{(r,t)}(x, y)$ 和前一帧 $f_{(r,t-1)}(x, y)$ 的变化区域标志图像 $M_{(r,t-1 \rightarrow t)}(x, y)$ 及其帧差图像 $\Delta f_{(r,t-1 \rightarrow t)}(x, y)$:

$$M_{(r,t-1 \rightarrow t)}(x - d_{real}(x, y), y) = M_{(l,t-1 \rightarrow t)}(x, y) \quad (10)$$

$$\Delta f_{(r,t-1 \rightarrow t)}(x - d_{real}(x, y), y) = \Delta f_{(l,t-1 \rightarrow t)}(x, y) \quad (11)$$

3) 丢失帧的重建

在估计出右视点的帧差图像 $\Delta f_{(r,t-1 \rightarrow t)}(x, y)$ 后, 即可进行丢失帧 $f_{(r,t)}$ 的重建。对于变化区域(即 $M_{(r,t-1 \rightarrow t)}(x, y) = 1$)的像素点, 利用已解码的 $t-1$ 时刻的右视点图像帧 $f_{(r,t-1)}$ 和差图像 $\Delta f_{(r,t-1 \rightarrow t)}$ 来重构 t 时刻右视点图像帧, 则有:

$$f_{(r,t)}(x, y) = f_{(r,t-1)}(x, y) + \Delta f_{(r,t-1 \rightarrow t)}(x, y) \quad (12)$$

对于非变化区域($M_{(r,t-1 \rightarrow t)}(x, y) = 0$)的像素点, 直接复制 $f_{(r,t-1)}$ 对应的像素点即可。

2.2 空洞处理

当基于帧差投影的丢失帧重建在视差估计过程中遇到遮挡现象时, 左右视点图像对应点的不匹配会导致空洞问题, 因此必须采取有效的措施进行处理。图4给出了因遮挡现象导致空洞问题的示意图。图4中, 由于对象1的遮挡, 在左视点看不到对象2的a点和c点, 但这两点在右视点中却是可见点, 因此这种遮挡现象将导致基于帧差投影重建的右视点的帧图像出现空洞, 必须对其进行填补。类似地, 如果遮挡现象出现在右视点, 帧差投影后将出现多个像素点同时映射到一个目标点(多映射)的情况。多映射问题可以从右视点的前一帧进行视差估计找到对应点。因此, 遮挡处理的核心是空洞处理。

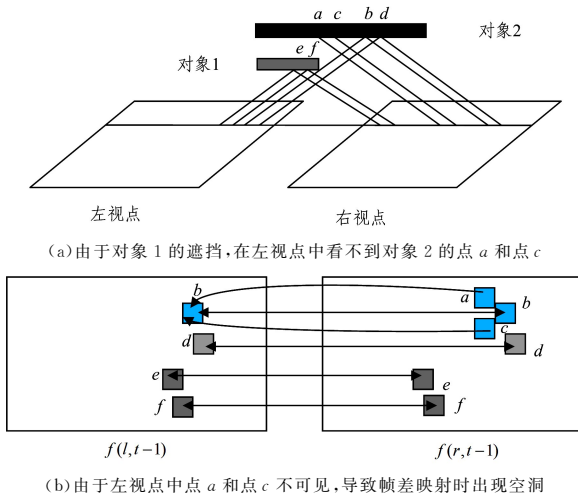


图 4 因遮挡现象导致空洞问题的示意图

Fig. 4 Hole filling problem of overlapping

首先根据唯一性约束条件(即非遮挡点在左右视点中是逐一对应的,不与其他像素点分享其匹配点),对变化区域(即 $M_{(r,t-1 \rightarrow t)}(x,y)=1$)建立遮挡标志图 O :对于给定的点 (x,y) ,如果 $f_{(r,t-1)}$ 中有两个或两个以上的像素与 $f_{(l,t-1)}(x,y)$ 匹配,则视 $f_{(r,t-1)}$ 中的这些像素为被遮挡点,重建后会出现空洞,置遮挡标志图 O 的对应位为 1;否则视其为非遮挡点,置遮挡标志图 O 的对应位为 0。对于 $O(x,y)=0$ 的点,如果 $f_{(r,t-1)}$ 的每一个像素在 $f_{(l,t-1)}$ 中有两个或两个以上的像素与之匹配,则该像素为多映射点,置 $O(x,y)=2$ 。

对于非遮挡像素($O(x,y)=0$ 的点),采用上述基于平面运动视差不变准则的帧差投影方法进行重建。对于多映射点($O(x,y)=2$ 的点),重新计算 $f_{(r,t-1)}(x,y)$ 的视差,找到正确匹配点,采用帧差投影方法进行重建。对于空洞点($O(x,y)=1$ 的点),首先计算空像素周围 5×5 窗口内非空像素与前一帧对应位置(具有相同空间坐标)的平均亮度差,如果该亮度差大于预先设定的阈值 T_h ,则该像素属于非均匀区域点,采用基于邻域的空洞填补方法进行处理;否则采用基于运动向量的空洞填补方法进行处理。其中阈值 T_h 可通过实验确定,实验表明 $T_h=3$ 时效果最佳。下面分别对这两种空洞填补算法进行介绍。

1) 基于邻域的空洞填补

基于邻域的空洞填补算法如下:

① 设 $n=1$ 。

② 统计每个空洞点周围 $(2n+1) \times (2n+1)$ 个像素点的信息。

③ 如果这些点中非空洞点的个数大于或等于门限值 $\gamma(n)$,则置该空洞点的值为这些非空洞像素点的平均值;否则 $n=n+1$,转步骤②继续处理。其中, $\gamma(n)$ 为:

$$\gamma(n) = \frac{(2n+1)^2 - (2n-1)^2}{2} = 4n \quad (13)$$

实验表明,一般情况下 $n=1$ 或 2 时就可以搜索到足够的信息点完成填补。

2) 基于运动向量的空洞填补

对于均匀区域点,在其周围 5×5 窗口内任选一个最近的非空洞点,根据均匀区域运动向量的相似性,可近似认为空洞点的运动向量等于该非空洞点的运动向量,这样就可以用该运动向量在前一帧中找到的对应的像素点来填补该空洞。

2.3 本文的算法描述

综上所述,本文提出的基于平面运动视差不变准则的立体视频丢失帧 $f_{(r,t)}$ 重建算法的具体步骤如下:

Step 1 对于已正确解码的左视点图像 $f_{(l,t-1)}$ 和 $f_{(l,t)}$,求左视点的帧差图 $\Delta f_{(l,t-1 \rightarrow t)}$ 。

Step 2 利用迭代法求出阈值 $T_{threshold}$ 。根据式(4)求出变化区域标志图像 $M_{(l,t-1 \rightarrow t)}$ 。

Step 3 以 $f_{(r,t-1)}$ 为参考帧,对 $f_{(l,t-1)}$ 进行二次视差估计,得到左视点视差 d_{real} 。

Step 4 利用视差 d_{real} 将左视点帧差图 $\Delta f_{(l,t-1 \rightarrow t)}$ 和变化区域图 $M_{(l,t-1 \rightarrow t)}$ 映射到右视点,得到帧差图 $\Delta f_{(r,t-1 \rightarrow t)}$ 和变化区域标志图 $M_{(r,t-1 \rightarrow t)}$ 。

Step 5 根据唯一性约束条件建立遮挡标志图 O 。

Step 6 对于 $M_{(r,t-1 \rightarrow t)}(x,y)=1$ 且 $O(x,y)=0$ 的像素点,根据式(12)对已解码的前一帧图像 $f_{(r,t-1)}$ 和帧差图 $\Delta f_{(r,t-1 \rightarrow t)}$ 的对应点进行重建。

对于 $M_{(r,t-1 \rightarrow t)}(x,y)=1$ 且 $O(x,y)=1$ 的像素点,若该像素属于非均匀区域点,则采用基于邻域的方法进行空洞填补;否则采用基于运动向量的方法进行空洞填补。

对于 $M_{(r,t-1 \rightarrow t)}(x,y)=1$ 且 $O(x,y)=2$ 的像素点,重新计算 $f_{(r,t-1)}(x,y)$ 的视差,找到正确匹配点,采用帧差投影方法进行重建。

对于 $M_{(r,t-1 \rightarrow t)}(x,y)=0$ 的像素点,直接复制前一图像帧像素 $f_{(r,t-1)}(x,y)$ 。

3 实验结果及分析

为了验证本文所提算法的有效性,采用 IU(320×240), Crowd(320×240), Xmas(640×480), Ballroom(640×480) 和 Akko&Kayo(640×480) 5 个立体视频序列进行测试。其中, Crowd 和 Akko&Kayo 序列运动较为平缓, Ballroom 序列目标运动较快且背景较复杂, IU 和 X'mas 序列包含多个运动目标且进行非线性运动。实验平台采用参考软件 JM 18.2^[15], 编码 GOP 长度设为 15, 视频码流格式为 IPPPP..., 量化参数 QP 设为 28, 实验时模拟右视点图像整帧丢失的情况。

表 1 列出了本文所提算法与 SCA-B 算法^[7]、SCA-P 算法^[7]、TEC+SEC 算法^[8] 和 ISMID 算法^[10] 的比较结果。从表 1 的数据可以看出,本文提出的基于视差的帧差投影及丢失帧重建算法在各个测试序列上均具有最好的重建效果,其平均 PSNR 值比 ISMID 算法高 0.38 dB,比 TEC+SEC 算法高 4.49 dB,比 SCA-P 算法高 5.08 dB,比 SCA-B 算法高 5.71 dB。图 5—图 7 给出了 5 种算法的视频重建效果,从细节上进一步比较了各种算法重建丢失帧图像的主观质量。从图中可以看出,本文算法重建的图像帧具有最优的主观质量。

表 1 各差错隐藏算法的性能(平均 PSNR 值)比较

Table 1 Average PSNR comparison of different error

concealment algorithms

(单位: dB)

	SCA-B ^[7]	SCA-P ^[7]	TEC+SEC ^[8]	ISMID ^[10]	本文算法
IU	23.72	24.73	25.83	27.02	27.45
Crowd	29.96	30.44	30.77	31.12	31.51
Xmas	22.46	22.59	22.70	35.73	35.93
Akko & Kayo	24.50	25.51	26.61	30.40	30.78
Ballroom	30.32	30.80	31.10	33.35	33.82

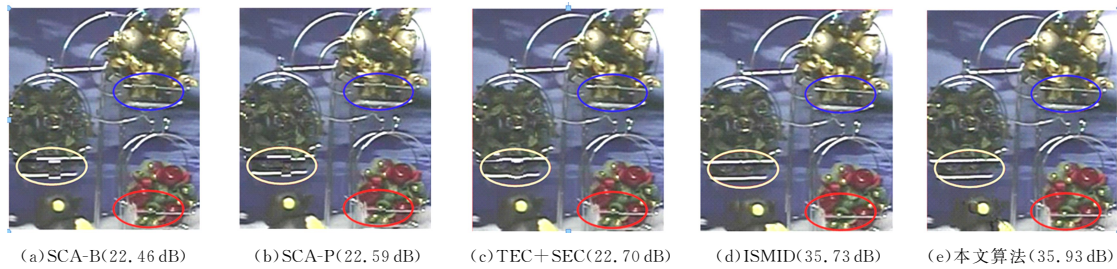


图5 Xmas序列第6帧重建效果的比较

Fig. 5 Comparison of reconstructed effect of 6th frame on Xmas

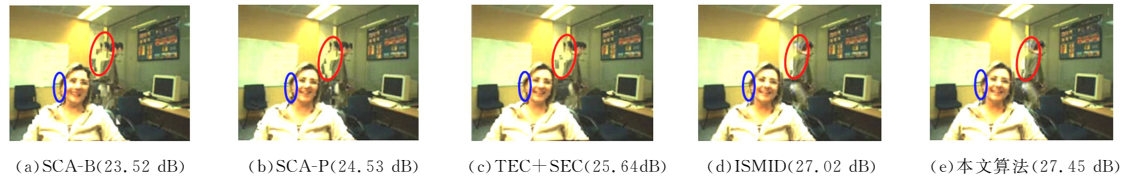


图6 IU序列第35帧重建效果的比较

Fig. 6 Comparison of reconstructed effect of 35th frame on IU

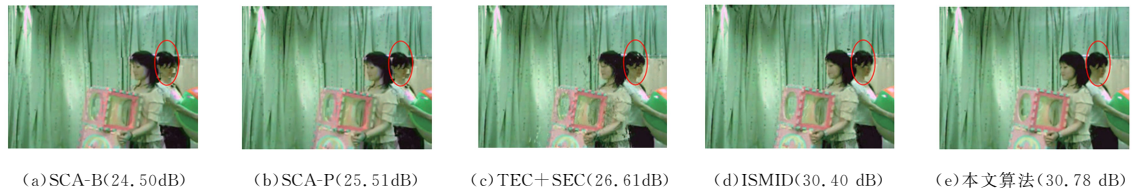


图7 Akko&Kayo序列第48帧重建效果比较

Fig. 7 Comparison of reconstructed effect of 48th frame on Akko&Kayo

结束语 本文针对立体视频整帧丢失的问题,根据平面运动视差不变性准则,提出一种基于视差的帧差投影方法,在此基础上实现了立体视频的丢失帧重建,通过充分利用视点间和视点内的相关性,达到了有效恢复丢失帧的目的。本文算法的核心在于利用视差进行定位,实现正确接收视点的帧差到视频丢失帧所在视点的映射。该算法包括变化区域检测、视差估计、帧差投影和空洞处理等步骤。帧差投影算法根据视差定位将另一视点当前帧和前一帧的帧差投影到帧丢失的视点,以实现高质量的丢失帧重建。空洞处理通过自适应地选择时域和空域的方法对空洞进行填补,进一步提高了丢失帧的重建效果。实验结果表明,本文提出的基于平面运动视差不变准则的立体视频差错隐藏算法无论在视频客观质量还是主观质量上都优于现有的立体视频整帧丢失差错隐藏算法。必须指出,虽然本文讨论的是立体视频整帧丢失的差错隐藏方法,但其同样适用于多视点视频非基本视点整帧丢失的差错隐藏。

参考文献

- [1] WANG Y, WENGER S, WEN J T, et al. Error resilient video coding techniques [J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2000, 17(4): 61-82.
- [2] ZHOU Y, YU M, JIANG G Y, et al. Right-view error concealment for stereoscopic video transmission [J]. Journal of Optoelectronics • Laser, 2011, 22(4): 600-606. (in Chinese) 周洋, 郁梅, 蒋刚毅, 等. 面向立体视频传输的右视点图像错误隐藏[J]. 光电子 • 激光, 2011, 22(4): 600-606.
- [3] GUO J C, ZHAO J J. Stereoscopic error concealment based on motion characteristic analysis [J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2012, 34(12): 2809-2815. (in Chinese) 郭继昌, 赵俊杰. 基于运动特性分析的立体视频差错掩盖[J]. 电子与信息学报, 2012, 34(12): 2809-2815.
- [4] ZHOU Y, JIANG G Y, YU M, et al. Region-based error concealment of right-view frames for stereoscopic video transmission [J]. Computers and Electrical Engineering, 2012, 38(2): 217-230.
- [5] YANG S, ZHAO Y, WANG S, et al. Error concealment for stereoscopic video using illumination compensation [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2011, 57(4): 1907-1914.
- [6] SUN H, LIU P L, WANG J, et al. An efficient frame loss error concealment scheme based on tentative projection for H. 264/AVC [C] // Advances in Multimedia Information Processing (PCM 2010). 2011: 394-404.
- [7] BILEN C, AKSAY A, AKAR G B. Motion and disparity aided stereoscopic full frame loss concealment method [C] // Signal Processing and Communications Applications. IEEE, 2007: 1-4.
- [8] PANG L J, YU M, YI W J, et al. Relativity analysis-based error concealment algorithm for entire frame loss of stereo video [C] // International Conference on Signal Processing, 2006: 16-20.
- [9] CHUNG T Y, SULL S, KIM C S. Frame Loss concealment for stereoscopic video plus depth sequences [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2011, 57(3): 1336-1344.
- [10] CHUNG T Y, SULL S, KIM C S. Frame loss concealment for stereoscopic video based on inter-view similarity of motion and intensity difference [C] // IEEE International Conference on Image Processing, 2010: 441-444.