

虚拟现实技术

第 11 章 基于图像的VR建模技术

本章主要内容

- ◆ VR的两种建模方法
- ◆ IBR方法优点
- ◆ 基于图像建模常用方法
- ◆ 全景图（panorama）基础
- ◆ 传统的全景图拼接方法
- ◆ 现有的全景图拼接软件
- ◆ 图像拼接的基本过程
- ◆ 实例

VR的两种建模方法

◆ 方法一：基于几何的绘制（传统图形学）

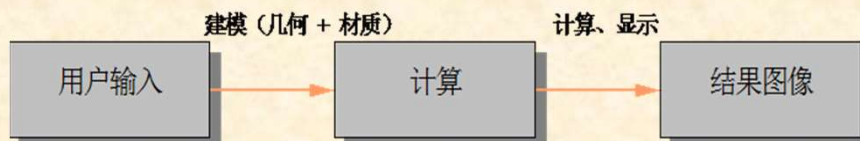
- ✔ 用图形学方法，利用点线面各类3D几何体绘制
- ✔ 渲染

◆ 方法二：基于图像的绘制

（ Image Based Rendering, 简称为IBR ）

- ✔ 利用采集的图像进行建模

（1）基于几何的绘制（传统图形学）



- ◆ 难以达到真实感效果
- ◆ 建模复杂
- ◆ 计算和显示开销大

(2) 基于图像绘制方法的优点

◆ 建模容易

- ✔ 不同位置拍摄的图像按某种形式组织起来表示场景

◆ 绘制快

- ✔ 不需要复杂的计算，从已有视图合成新的视图，整个绘制过程都在二维空间进行

◆ 真实感强



相关领域

◆ 基于图像的光照 (Image Based Lighting)

- ✔ 从图像中获取场景物体的光照属性

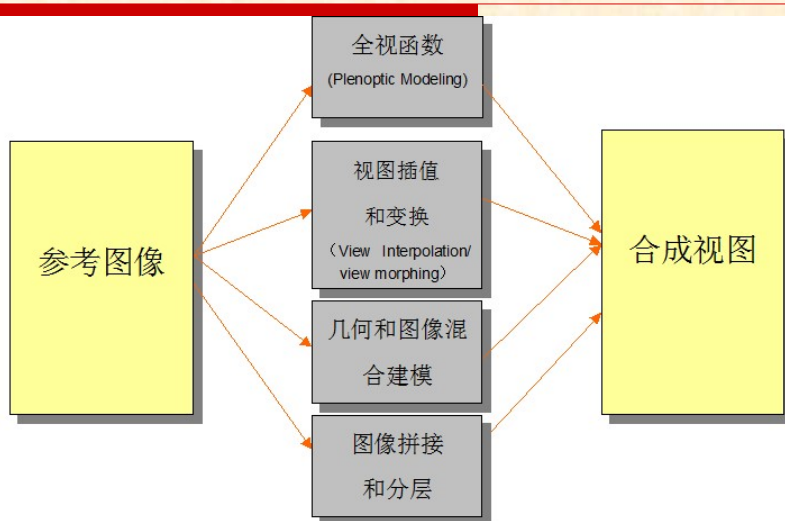
◆ 计算机视觉

- ✔ 从图像中获取场景物体的几何信息

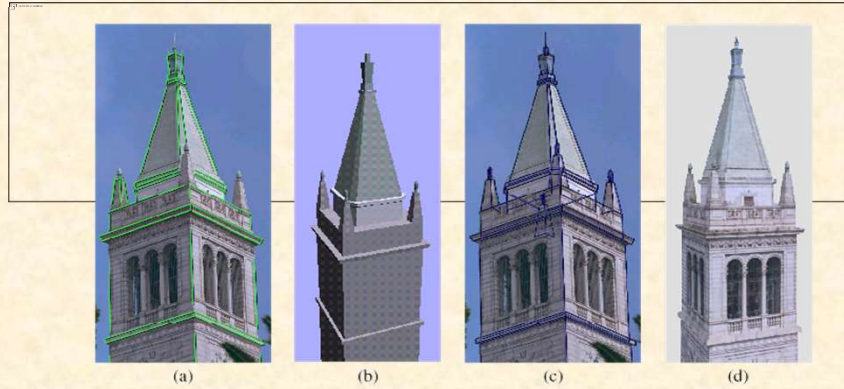
基于图像建模常用方法

- ✔ 几何与图像混合建模
- ✔ 基于视图插值的方法
- ✔ 基于全视函数的方法
- ✔ 基于图像拼合的方法

基于图像建模的绘制过程



(1) 几何和图像混合建模过程（实例）



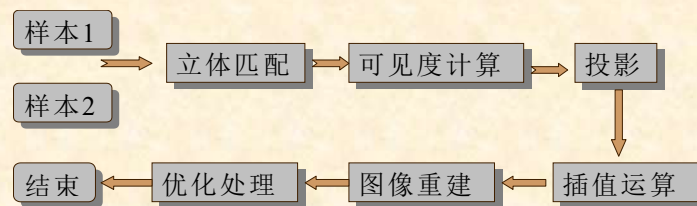
几何和图像混合建模过程

1. 拍摄照片，交互指定建筑物边缘
 2. 生成建筑物粗模型
 3. 利用基于模型的立体视觉算法精化模型
 4. 利用基于视点的纹理映射合成新视图
-

几何和图像混合建模特点

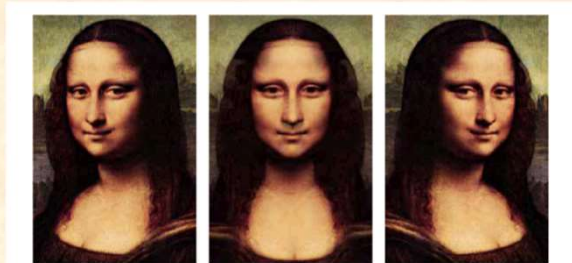
- ◆ 可以通过拍摄的几张照片合成逼真的新视图，简单快捷
- ◆ 只能适用于普通建筑物等外形规整的景物

(2) 视图插值方法(View Interpolation)



- ◆ 要求新视点位于两参考图象视点所决定的直线(基线, baseline)上。由参考图线性插值产生新视图。
- ◆ 一般情况下, 不能产生正确的透视投影结果, 而只生成近似的中间视图。

视图插值/变换方法 (View Morphing)



$$\begin{aligned} \text{Warp}_{01}(w, P) &= (1-w)P_0 + wF_0P_0 \\ \text{Warp}_{10}(w, P) &= (1-w)F_1P_1 + wP_1 \end{aligned}$$

- ◆ 利用参考图像上像素点重投影生成新视图
- ◆ 利用投影知识决定的变形位置

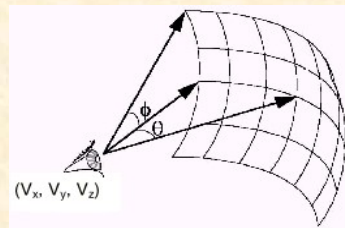
视图插值/变换方法特点

- ◆ 简单方便，只要求几幅参考图像
- ◆ 漫游范围受限，只能在几幅参考图像的视点连线之间作有限运动
- ◆ 常用于加速绘制速度

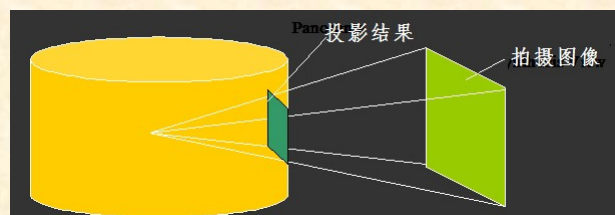
(3) 基于全视函数的IBR

◆ 全视函数原型

$$\mu = \text{Plenoptic}(\theta, \phi, \lambda, V_x, V_y, V_z, t)$$



(4) 全景图(Panorama)



- ◆ 在一个视点拍摄的几幅图像，通过整合(registration)拼接成一个视点周围的场景视图，投影在圆柱面或者球面上成为全景图。

全景图 (panorama) 基础

◆ 全景图实例



全景图方法特点

- ◆ 只需在一个视点拍摄的几张照片，数据量小，采样方便。
- ◆ 视点不能移动，但是可以转动观察方向，通过放大缩小 (zoom in/zoom out) 进行近似的前后运动

全景图像技术概况

- ◆ 利用全景图生成技术来得到360度全景图像，用来虚拟实际场景；

交互问题：

- ◆ 基于全景图的虚拟现实系统，通过全景图的深度信息抽取，恢复场景的三维信息，进而建立三维模型。
-

传统的全景图拼接方法

- (1) 拍摄照片；
 - (2) 投影到一个统一的空间中（立方体、圆柱体和球体表面）中，具有统一的参数坐标；
 - (2) 对相邻图像进行比较，以确定可匹配的区域位置；
 - (3) 将图像重叠区域进行融合处理，拼接成全景图。
-

现有的全景图拼接软件

◆ Canon PhotoStitch

- ✔ 商业软件；
- ✔ 可以合并水平或垂直方向的一组图像或将分段拍摄的图像拼合在一起
- ✔ 分段拍摄的文档和印刷材料也可以合并成一个高精度的图像

◆ Ulead Cool 360

- ✔ 商业软件
 - ✔ 将数码相机连拍照片制作成全景图，并可以输出成图片
-

常用方法

- ◆ 现有的全景图拼接软件
 - ◆ 利用拼接算法实现
-

(1) 现有的全景图拼接软件



(a) Canon PhotoStitch



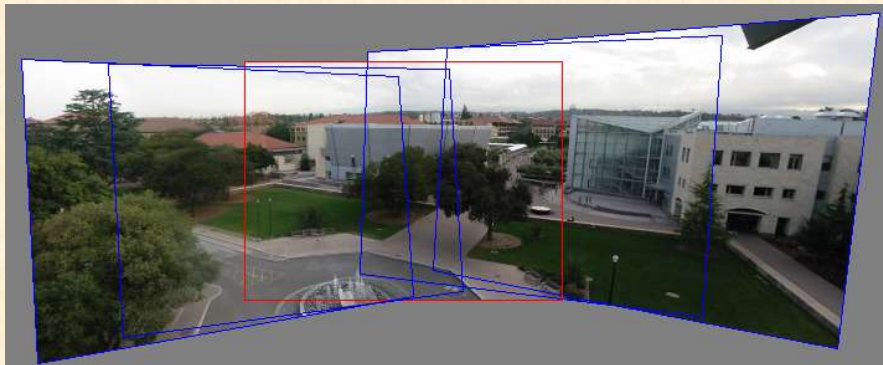
(b) Ulead Cool 360

(2) 图像拼接的基本过程

◆ 图像拼接的方法很多，主要包括三个步骤：

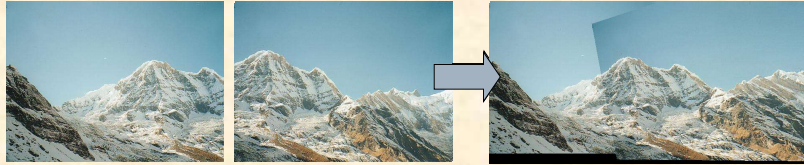


实例



实例





(1) 图像预处理

◆ 包括数字图像处理的基本操作

✓ 直方图处理

✓ 平滑滤波

◆ 图像进行某种变换

✓ 傅立叶变换

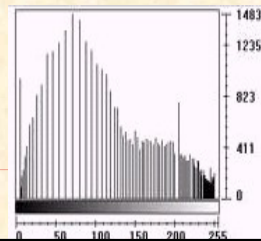
✓ Gabor 变换

✓ 小波变换

- ◆ 很多数字图像处理工作需要对图像进行灰化后再进行处理
- ◆ 对图像的每个点（设其颜色3个分量分别为R，G，B），转化为灰度

$$Grey = R \times 0.3 + G \times 0.59 + B \times 0.11$$

- ◆ 直方图是多种空间域处理技术的基础



2、图像配准

- ◆ 找出待拼接图像中的模板或特征点在参考图像中对应的位置。
- ◆ 建立两幅图像的数学变换模型。
- ◆ 将待拼接图像转换到参考图像的坐标系中。

◆ 图像配准技术的研究方法有两种

- ✓ 特征无关的方法
 - ✓ 基于特征的方法
 - 首先选择一系列特征;
 - 然后进行图像间的特征匹配;
 - 最后采用优化方法计算从一幅图像到另一幅图像的变换。
-

◆ 基于特征的图像配准主要包括了以下四个环节

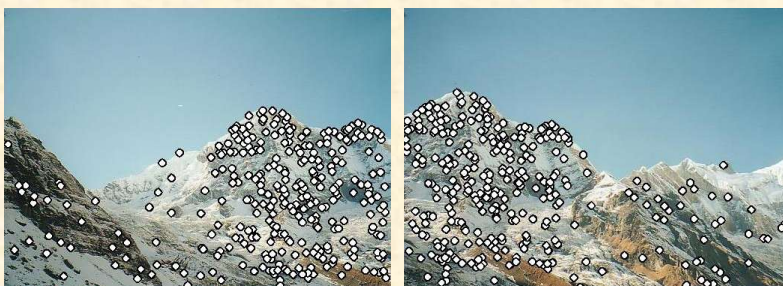
- (1) 特征检测 (Feature detection)
 - (2) 特征匹配 (Feature matching)
 - (3) 变换模型估计 (Transform model estimation)
 - (4) 图像重新采样与变换 (Image resampling and transformation)
-

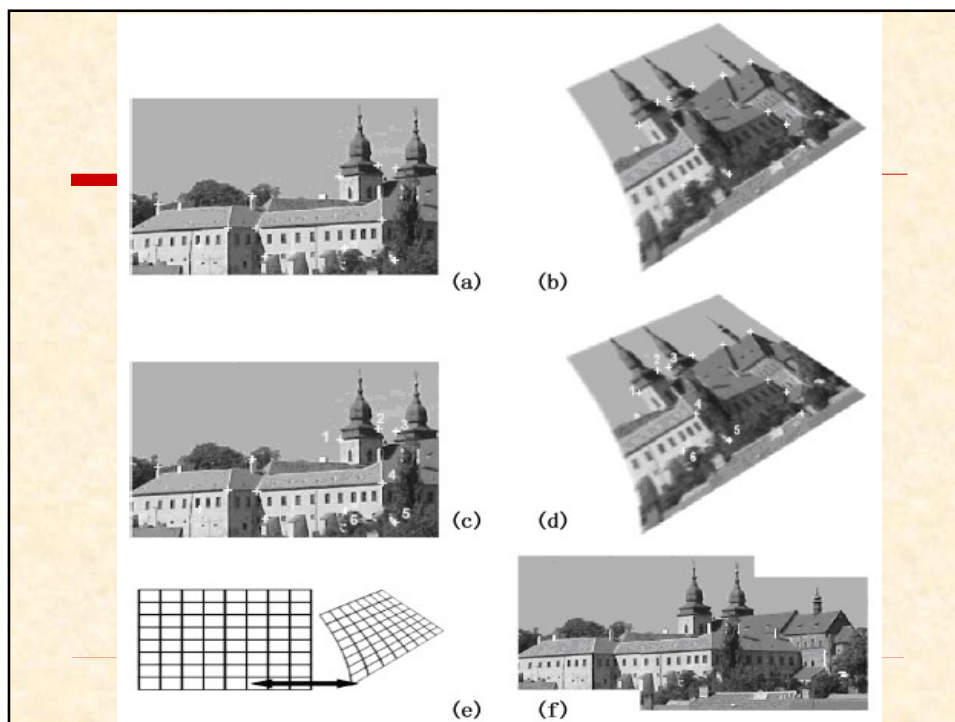
(1) 特征检测

◆ 特征点可以是：

- ✎ 图像的角点
- ✎ 封闭轮廓线的中心
- ✎ 纹理特征点
- ✎ 线与线的交点
- ✎ 或其他的突出点

◆ 例如





◆ 常用的特征点提取算子有：

- ✔ Moravec算子
- ✔ Forstner算子
- ✔ Harris算子等

Harris角点特征提取

- ◆ 对于图像上的每一个点，求取它在 x 和 y 方向上的灰度值的一阶导数 $\frac{\partial I}{\partial x}, \frac{\partial I}{\partial y}$ 。组成下面的矩阵

$$M = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 & \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial I}{\partial y}\right) \\ \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial I}{\partial y}\right) & \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2 \end{bmatrix}$$

- ◆ Harris等认为：如果在某一点，矩阵 M 的两个特征值都很大，则在任意方向上很小的一个运动都会引起灰度值的重大的变化

Harris角点特征提取（续）

- ◆ 定义角点响应函数

$$R = \text{Det}M - k(\text{trace}M)^2$$

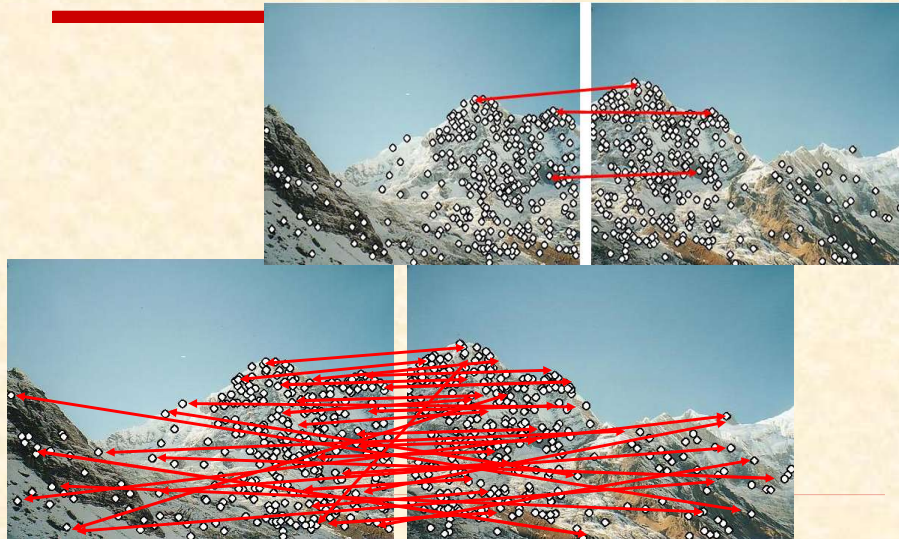
- ◆ 其中 $\text{Det}M$ 是 M 的行列式， $\text{Trace}M$ 是 M 的直迹，而 k 值一般取 $0.04 \sim 0.06$ 。在图像某个局部，可以取 R 值最大的点为角点
- ◆ 一般设置一个阈值，如果某个点的角点响应函数值大于阈值，则记录该点为特征点



(2) 特征匹配 (图像配准)

- ◆ 将不同图像上已经提取的特征点进行配对过程
- ◆ 常用方法
 - ▼ 相似相关法
 - 通过检测特征点周围一个小区域内的像素的灰度值的差异性，从而估计点对之间的相似程度
 - ▼ 相位相关法
 - 利用互功率谱中的相位信息进行图像配准
 - ▼ 互信息法
 - 寻找一个变换，使得一幅图像经过此变换与另一幅图像的互信息最大
 - ▼ 松弛法
 - 通过迭代的方法求取一致程度最高的匹配点对，同时最合适的数学模型也就得到

特征匹配实例



(3) 变换模型估计

◆ 将一幅图像与另一幅图像匹配，需要对一幅图像进行一个变换，这些变换可分为

- ✔ 刚体变换
- ✔ 仿射变换
- ✔ 投影变换
- ✔ 非线性变换

(3) 变换模型估计 (续)

◆ 综合起来, 可以建立统一的数学变换模型

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ m_6 & m_7 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

◆ 即

$$x' = \frac{m_0 x + m_1 y + m_2}{m_6 x + m_7 y + 1}$$

$$y' = \frac{m_3 x + m_4 y + m_5}{m_6 x + m_7 y + 1}$$

(3) 变换模型估计 (续)

◆ 把变换矩阵的参数看作未知数, 对每一对匹配点, 可以得到2个独立的线性方程组

$$\begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'x & -x'y \\ 0 & 0 & 0 & x & y & 1 & -xy' & -yy' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_0 \\ m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ m_4 \\ m_5 \\ m_6 \\ m_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix}$$

◆ 需要至少4对点, 就可以唯一地确定一个变换矩阵M

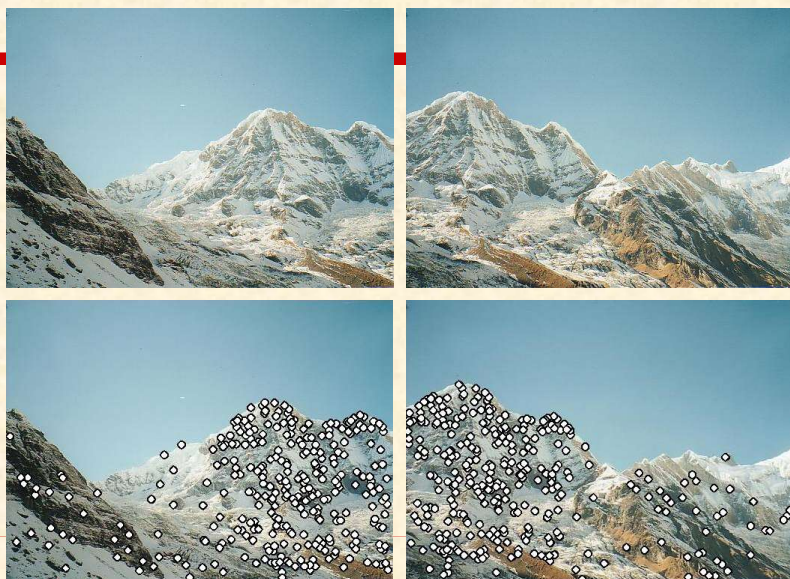
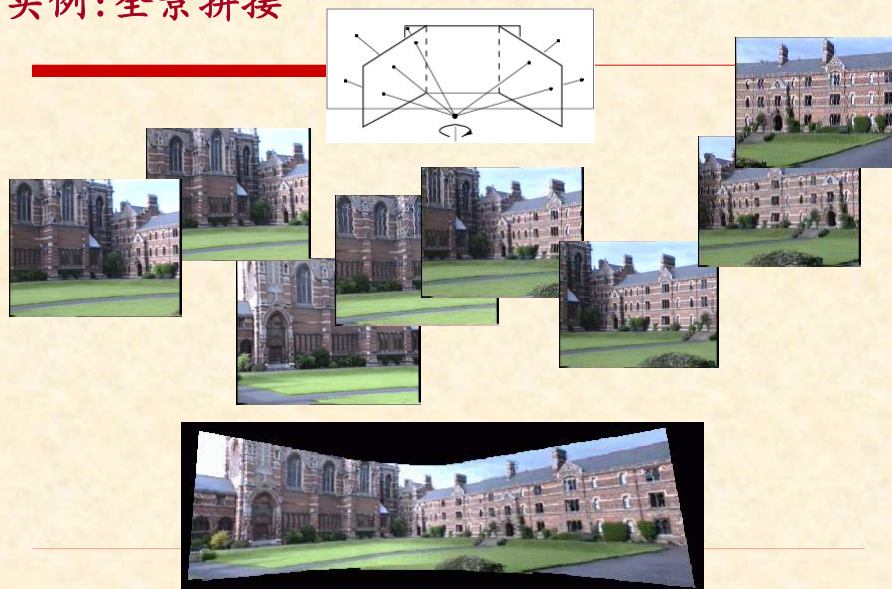
(4) 图像重新采样与变换

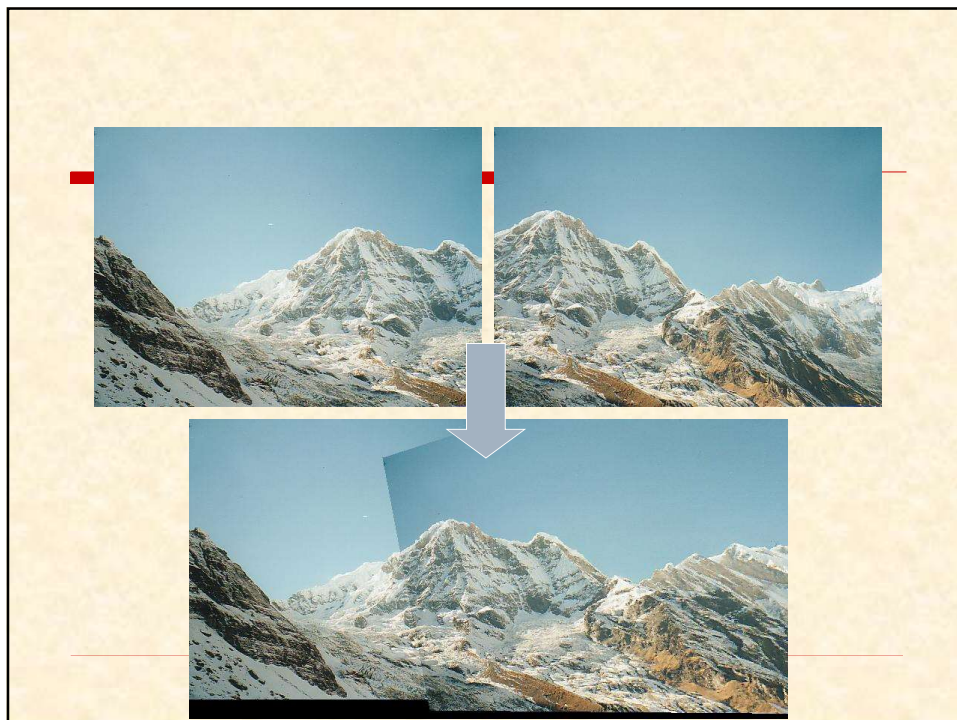
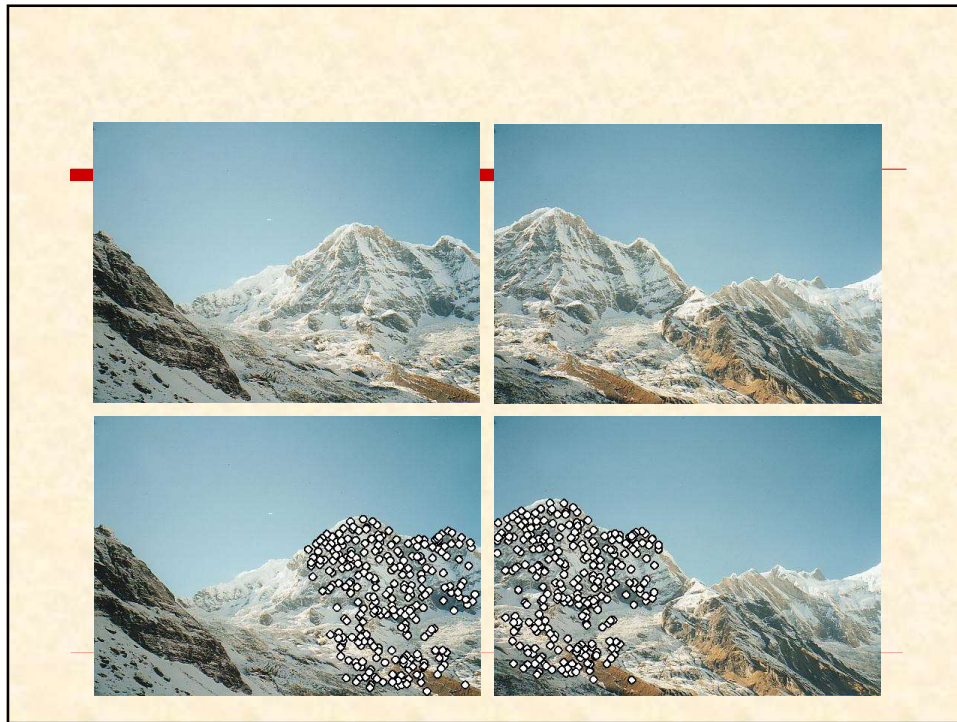
- ◆ 变换后的点坐标往往不在整数坐标处，这就造成了拼接后的图像有空洞的情况
 - ◆ 需要进行重新采样和变换
 - ◆ 通常采用插值技术进行处理
-

3、图像融合

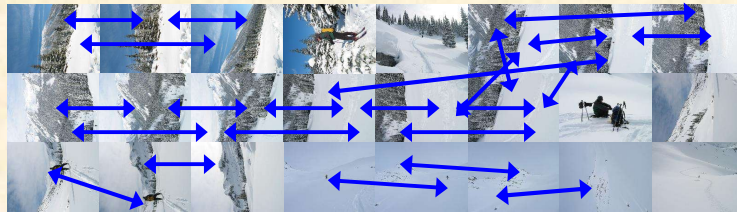
- ◆ 采用算法使拼接结果更完美
 - ✔ 消除可能出现的拼接痕
 - ◆ 图像融合 (Mosaics) 技术就是将一组重叠图像的集合拼结成一幅大型的无缝高分辨率图像的技术
 - ◆ 具体方法
 - ✔ 取平均值法
 - ✔ 渐入渐出法
 - ✔ 多分辨率样条法
-

实例:全景拼接

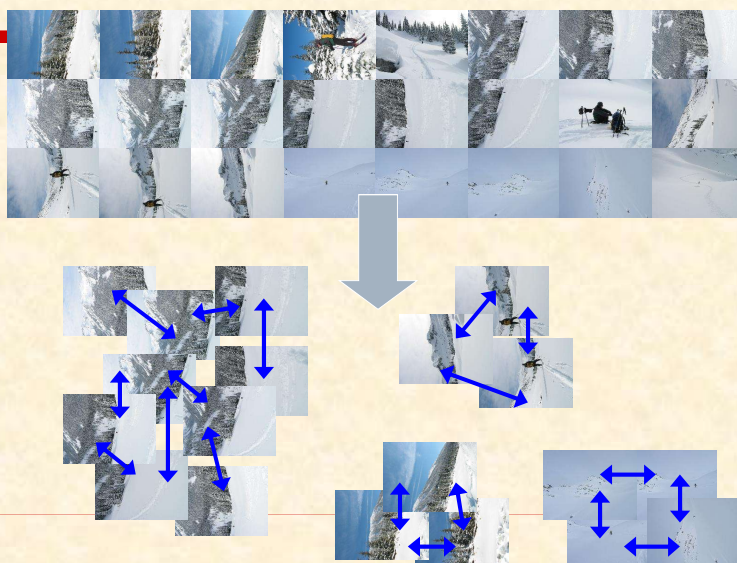




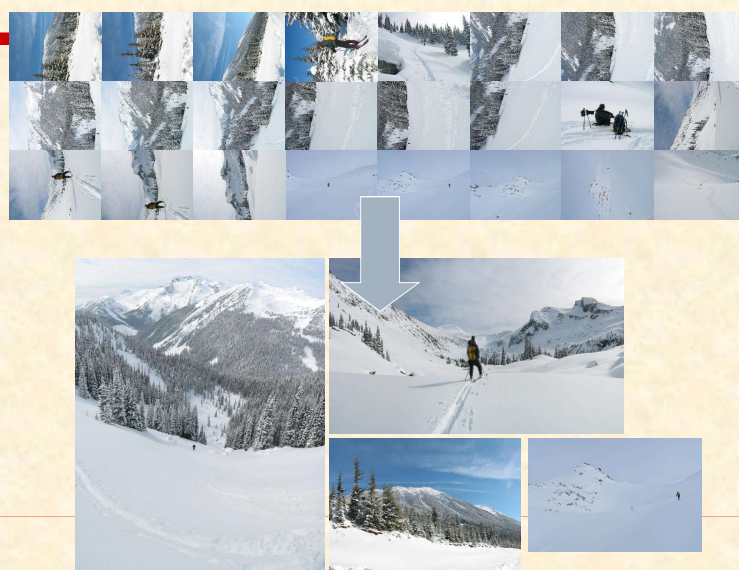
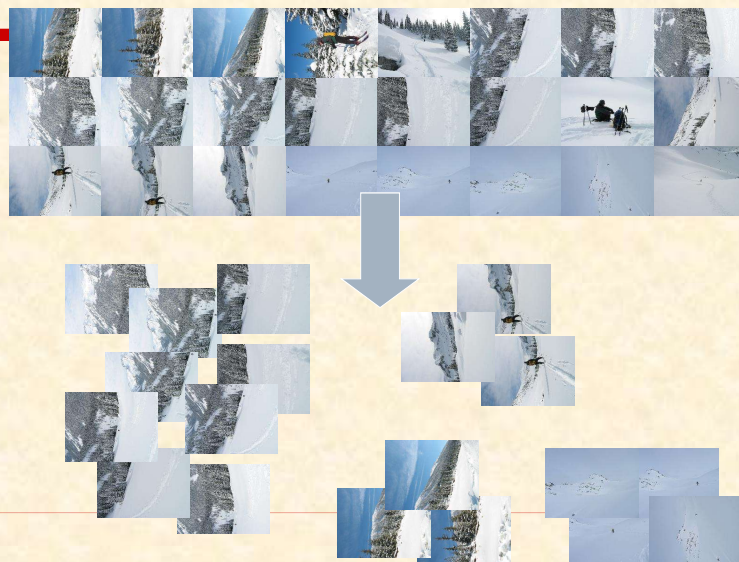
实例2：寻找相邻的图像集



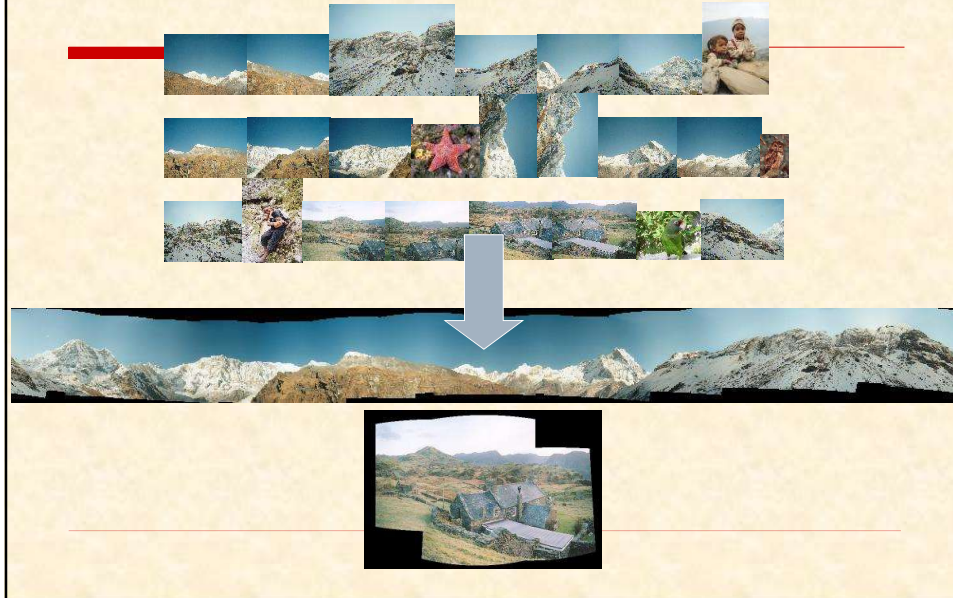
寻找相邻的图像集



寻找相邻的图像集



Results

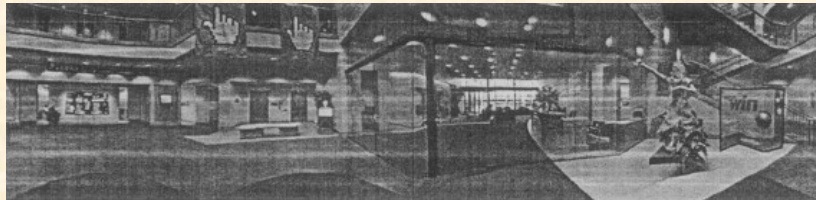


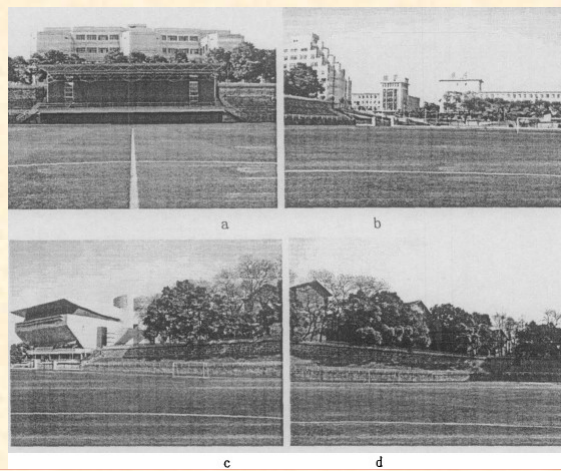
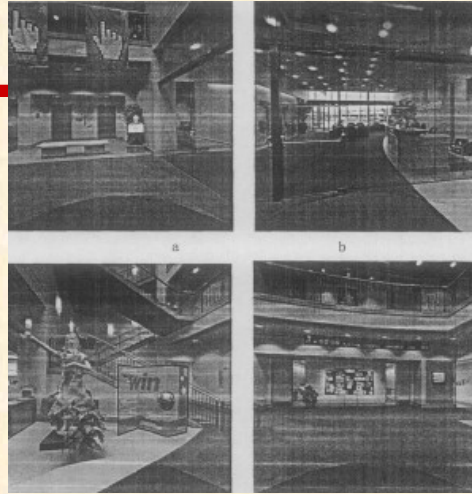


柱面投影拼接



实例





实例 Mosaics: stitching images



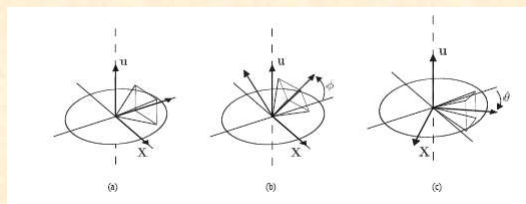
virtual wide-angle camera

实例





Straightening



(a) Without automatic straightening



(b) With automatic straightening

Multi-band Blending

◆ Burt & Adelson 1983

✓ Blend frequency bands over range $\propto \lambda$



Blending comparison (IJCV 2007)



(a) Linear blending



(b) Multi-band blending

Blending Comparison



(b) Without gain compensation



(c) With gain compensation



(d) With gain compensation and multi-band blending