



基于多摄像机的高精度人脸三维重建

梁鼎

2016 年 5 月





概述内容

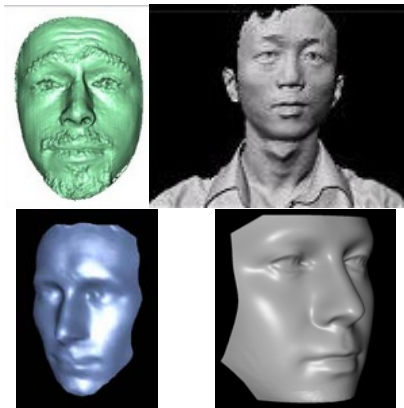
- 1 背景与意义
- 2 多视角采集系统
- 3 多相机标定
- 4 高精度三维重建
- 5 总结与展望
- 6 成果总结



现有人脸三维数据库

问题

- 人物数量少
- 表情少
- 精度较差
- 面部不完整，耳朵、下巴等关键部位缺失
- 付费



研究意义

设计制作一套多视角多光照采集系统，可以提供多光照条件下的多视角图片，并通过算法重建得到精确的三维模型。基于这些技术从而构建一套有多人多表情的人脸三维模型数据库和对应二维图片。



现有多视角采集系统





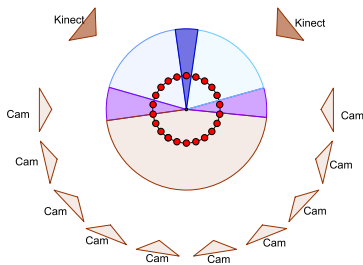
多视角采集系统要点

- 1 多相机同步采集
- 2 参数控制、数据传输
- 3 实时预览
- 4 光照环境



采集系统 I

- 10 台 1200 万像素彩色相机
- 2 台 kinect 二代相机
- 120 个可编程同步触发 LED
- 4 盏 175W 专业摄影灯



(a) 相机分布示意图（俯视）

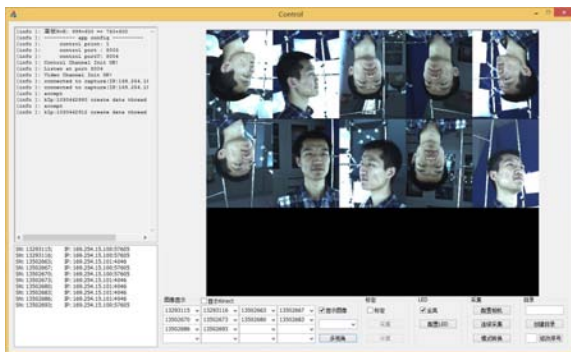


(b) 采集系统实拍



采集软件 I

- 多机采集：客户端、服务端
- 实时预览
- LED 控制
- 软硬件触发模式
- 参数控制
- 多类型相机





采集系统 II

上一代存在问题

- 1 相机受光照影响较大，光照不均匀
- 2 图片噪声较大，影响重建精度
- 3 系统复杂，装配要求较高



多视角采集系统改进

采集系统 II

■ 10 台单反相机

■ 6 台闪光灯

■ 柔光罩





采集软件 II

■ 相机同步

- 软件同步：误差秒级
- 硬件同步：不同相机反光板升起时间不同，误差 10 毫秒级
- 暗室拍摄，闪光灯同步曝光，误差毫秒级

■ 采集软件：digiCamControl



人体采集系统

- 16 台 GoPro
- 16 组 LED 摄影灯
- 电动旋转支架
- 柔光幕布





GoPro 采集软件

- Wifi 控制，抓包分析得到控制指令
- 定时发送生命信号
- 实时预览：ffmpeg 解析 UDP 流媒体
- Wifi 开关机
- 文件传输、删除
- 多种控制模式
- 日志输出



现有方法



(a) 棋盘格标定



(b) 一维球体标定



(c) 球面标定

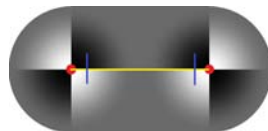


(d) 激光点自标定



高精度彩色相机标定

- 只需一次拍摄
- 标记球放置于拍摄位置，与人头大小相近
- 标记点随机分布
- 标记点角点易于检测、区分





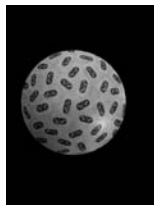
高精度彩色相机标定



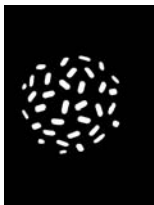
(a) 边缘检测



(b) 圆形拟合



(c) 分割标定球



(d) 标记片分割



(e) 标记点定位



(f) 最终结果



多视角不同分辨率相机标定

- Kinect 视场角大，分辨率低
- 设计特殊标记，一次拍摄



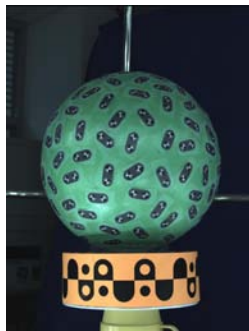


多视角不同分辨率相机标定



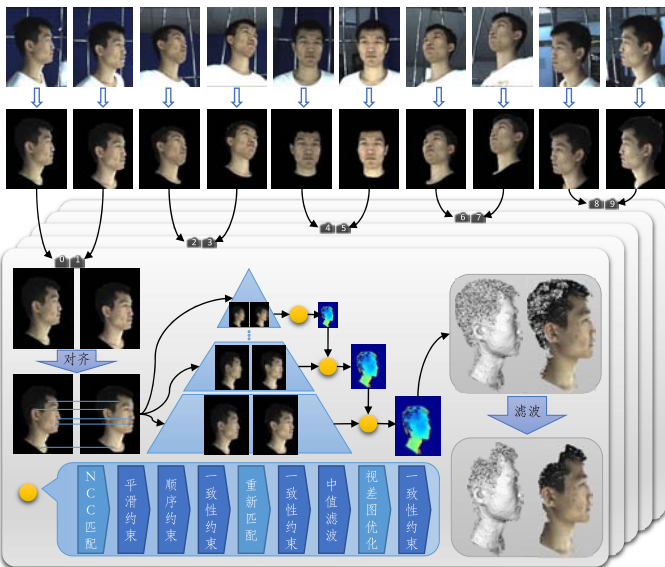
标记点设计

根据线性反馈移位寄存器设计，共有 22 位，构成循环，根据任意连续 5 个位置可以确定其唯一坐标。Kinect 识别大号标记，用此和彩色相机系统校准。





点云重建





平滑约束

视差图中每个点根据邻域平滑，异常点将被剔除。

-	-	-
-	5	-
-	-	-

(a) 无效

-	5	9
6	8	8
6	7	-

(b) 无效

-	6	9
6	7	8
6	7	7

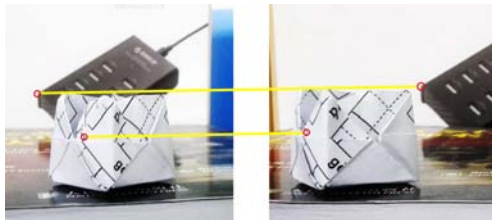
(c) 有效



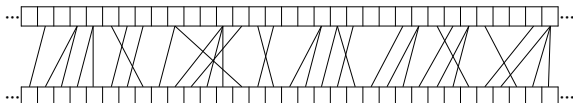
顺序约束

约束

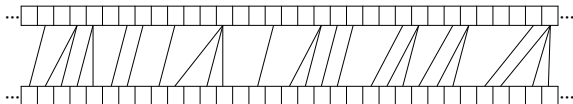
在不同视角下，两点的投影相对位置不变



约束调整前



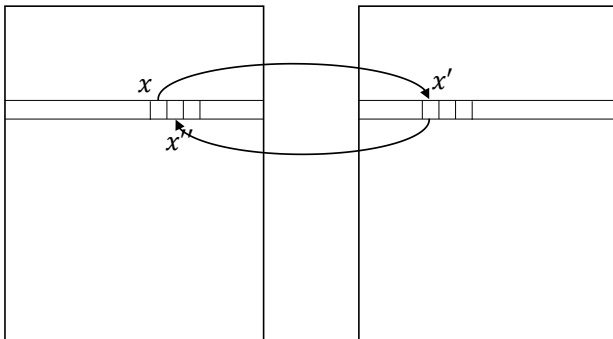
约束调整后





左右一致性约束

从左图向右图视差图匹配, x 对应点为 x' , 反过来从右图向左图匹配, x' 对应点为 x'' , 要求 x 和 x'' 差别不能太大





亚像素视差优化

$$d' = \frac{\omega_p d_p + \omega_s d_s}{\omega_p + \omega_s}$$

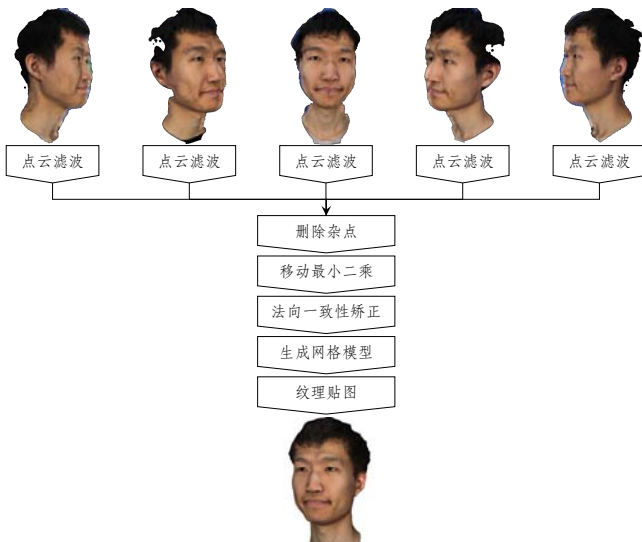
d_p 为图片色彩一致性，用 NCC 插值， d_s 为表面几何一致性，两个方向视差平滑， ω_p 由 NCC 计算得到， ω_s 人为给定。



(a) 亚像素优化



(b) 无亚像素优化





人脸三维模型数据库

共采集 55 人，每人 25 个表情，共计 1375 个三维模型



背景与意义

多视角采集系统



多相机标定



高精度三维重建



总结与展望



成果总结

结果展示

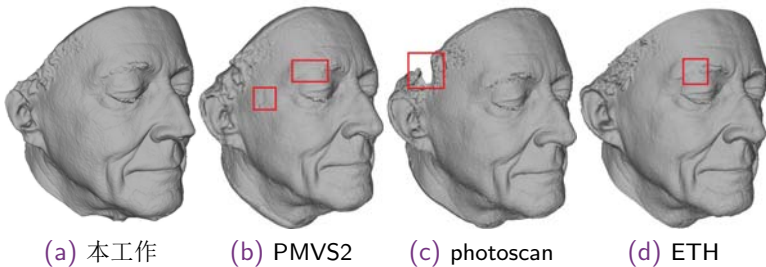
模型精度改进

梁鼎

基于多摄像机的高精度人脸三维重建



结果对比



(a) 本工作

(b) PMVS2

(c) photoscan

(d) ETH



结果对比

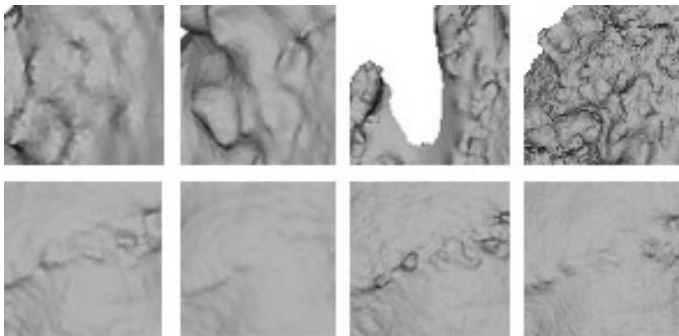


Figure: 放大对比，依次为：本工作、PMVS2、photoscan、ETH



重光照

任意视角、任意光照下渲染

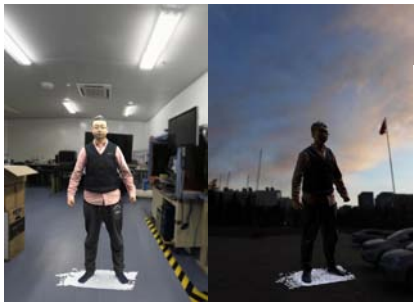
点在环境光照下的颜色由其自身的反射率、法向、环境光照的球谐系数决定，如下式

$$B(i) = \alpha(i) \sum_{k=0}^8 l_k H_k(n(i))$$

其中 $\alpha(i)$ 为点 i 的反射率， l_k 为球谐基函数的常数部分， $H_k(n(i))$ 是球谐基函数，输入为点的法向 $n = (n_x, n_y, n_z)$ 。



重光照效果





工作总结

- 搭建多视角采集系统
 - 基于工业相机和 Kinect 的变光照多视角采集系统
 - 基于单反相机的多视角采集系统
 - 基于 GoPro 的环形旋转多视角采集系统
- 提出高精度多相机标定算法
 - 高精度多相机标定装置及算法
 - 不同分辨率、不同视场角相机标定装置及算法
- 提出高精度三维重建算法



未来展望

- 多视角采集系统
 - 改进硬件同步方案
 - 镜头和光源增加偏振镜，分离直接反射
- 多相机标定算法
 - 改进图像分割算法
 - 相机自动配对
- 三维重建算法
 - 利用关键点匹配，全局优化视差图
 - 采用法向传播矫正法向方向
 - 利用图片信息优化网络模型
 - 结合变光照优化法向



成果总结

- 1 Liang D, Liu Y, Yan W, et al. Accurate 3D reconstruction using multi-phase ToF camera[C]// SPIE/COS Photonics Asia. International Society for Optics and Photonics, 2014:92733J-92733J-7. (EI 收录, 检索号: 20150700527309)
- 2 发明专利: 戴琼海, 梁鼎, 刘烨斌. 十亿像素视频采集装置. 中国: CN103281484A.
- 3 软件著作权: 多视角相机标定工具软件. 登记号: 2016SR048327.
- 4 软件著作权: 多视角三维重建工具软件. 登记号: 2016SR048324.
- 5 国家自然科学基金项目: 三维视觉信息获取与重建 (项目批准号: 61522111)



谢谢!