

基于 ARToolKit 场景变化的增强现实的研究

谢 敏¹, 徐荣青^{1,2}, 何利荣³

(1 南京邮电大学 光电工程学院, 江苏 南京 210046;

2 南京邮电大学 电子科学与工程学院, 江苏 南京 210046;

3 海军湛江军械修理厂, 广东 湛江 524000)

摘 要: 基于 ARToolKit 开发包增强现实系统, 由于图像分割的阈值是固定的, 当场景发生较大变化时, 不能实现增强现实; 针对这一问题, 提出对实时视频序列中的图像采用最小误差法计算此帧图像分割的阈值, 当场景发生变化时, 阈值将随之改变. 在 ARToolKit 系统中标识旋转情形进行增强现实实验研究, 结果表明该方法在场景发生较大变化时仍能实现增强现实, 验证了该方法的有效性与实时性, 提高了 ARToolKit 增强现实系统的整体性能.

关键词: 增强现实; ARToolKit; 阈值; 最小误差法

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2015)03-0113-04

Research Augmented Reality Based on ARToolKit Scene Change

XIE Min¹, XU Rong-qing^{1,2}, HE Li-rong³

(1 School of Optoelectronic Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications,

Nanjing 210023, China; 2 College of Electronic Science and Engineering, Nanjing University

of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China;

3 Naval Ordnance Repair Shop in Zhanjiang, Zhanjiang 524000, China)

Abstract: Augmented reality system which is based on ARToolKit development kit. Since the image segmentation threshold is fixed, when the scene changes greatly, it cannot achieve augmented reality. In order to solve this problem, we put forward the calculation of the image threshold for real-time image in the video sequence with the minimum error method, when the scene changes, the threshold will change accordingly. In the ARToolKit system we do some augmented reality experimental research on marker rotating case. The result shows that the method can still achieve augmented reality when the scene changes a lot, which proves the validity and real-time of the method. Thus, it can improve the overall performance of ARToolKit enhanced reality system.

Key words: augment reality; ARToolKit; threshold; minimum error method

1 引言

标识识别是基于人工标记实现增强现实的一个关键步骤, 而标识识别中图像分割^[1]的阈值对增强现实效果有决定性的作用. 因为 ARToolKit 开发包是完全开源的, 目前主要使用 ARToolKit 结合其他工具来开发一些增强现实系统, 程实等人利用

MMD 和 ARToolkit 实现了具有立体视觉成像的人机交互系统^[2]; 文献[3]中利用 ARToolKit 设计了一套能够实时展现三维物品的系统. ARToolKit 开发包在实现增强现实过程中, 图像分割的阈值是人工设定的且在系统运行后不再改变^[4], 所以系统的实时性较好, 但不能适应场景的较大变化. 针对这一问题, 本文对实时视频序列中的图像采用最小误差

收稿日期: 2014-05-08; 修回日期: 2014-06-22

基金项目: 国家自然科学基金(11304159, 60778007); 教育部博士点基金(20133223120006)

法^[5] 计算此帧图像分割的阈值,故当场景发生变化时,阈值随之改变,验证了该法的有效性与实时性,提高了 ARToolKit 增强现实系统的整体性能。

2 关键技术与算法

2.1 ARToolKit 的工作原理

ARToolKit^[6,7]是一套基于 C 语言及 OpenGL 的增强现实系统开发包,该工具包由日本大阪大学的 Hirokazo Kato 博士于 1999 年设计开发的,因其是完全开源的,现已成为在 AR 领域使用较为广泛的开发包。

ARToolKit 通过计算机来判断是否找到标记及在标识识别成功后计算虚拟物体所需叠加的位置。程序初始化时根据用户判断,设定一个固定的图像分割阈值,此分割阈值在系统运行过程中保持不变,通过此阈值对采集到的每一帧图像进行分割,找出此帧图像中所有的四边形区域作为候选匹配区域,然后将每一候选区域进行模板匹配测试,如果达到匹配成功条件,则系统认为找到了一个标识。阈值的设定直接影响分割的效果,进而影响能否实现增强现实。本文对实时视频序列中的图像采用最小误差法计算此帧图像分割的阈值,当场景发生变化时,阈值随之改变。

2.2 最小误差全局阈值分割法

阈值分割^[8-10]就是图像二值化,数学的定义是:如果图像 $f(x, y)$ 的灰度级范围是 (Z_l, Z_k) ,设搜寻出的域值是 T , T 是存在与 Z_l, Z_k 之间的一个数,则可由式(1)表示图像二值化所得的新图像 $f_1(x, y)$ 。

$$f_1(x, y) = \begin{cases} 1, & f(x, y) \geq T \\ 0, & f(x, y) < T \end{cases} \quad (1)$$

在 ARToolKit 增强现实系统中,因为视觉标志物一般情况下都为较黑的物体,和背景的灰度有相当大的反差,由此可知,它在摄像机上留下的投影图像一般应该是由一个较黑的物体叠加在一个较白的背景上形成的。峰谷法是一种方案,然而这种方法在宽且平的谷底图像及相差较大的两峰值时无法适应。所以需要找到一个具有门限的最佳阈值,使得在决定一个给定的像素是属于对象还是背景时的平均出错概率降到最低。假设图像中物体像素点数的百分比为 Q ,其像素的灰度级正态概率密度为 $P_1(x)$ ^[11]。那么背景点的百分比为 $(1-Q)$,其像素灰度级正态概率密度为 $P_2(x)$,所以这幅图像总的灰度级概率为

$$P(x) = QP_1(x) + (1-Q)P_2(x)$$

$$= \frac{Q}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} \exp\left[-\frac{(x-u_1)^2}{2\sigma_1^2}\right] + \frac{1-Q}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} \exp\left[-\frac{(x-u_2)^2}{2\sigma_2^2}\right] \quad (2)$$

假设令一阈值为 t ,且把小于 t 的全部点称为目标物体点,而把不小于 t 的所有点称为背景点。那么目标点被错归为背景点的概率为 $L_1(t)$,把背景点错归为目标点的概率为 $L_2(t)$,则有

$$\begin{cases} L_1(t) = \int_t^{+\infty} P_1(x) dx \\ L_2(t) = \int_{-\infty}^t P_2(x) dx \end{cases} \quad (3)$$

出错的整体概率为

$$L(t) = QL_1(t) + (1-Q)L_2(t) \quad (4)$$

要找到出错最少的门限阈值,可将式(4)两边对 t 求微分(使用莱布尼兹法则)并令微分式等于 0,故有

$$QP_1(t) + (1-Q)P_2(t) = 0 \quad (5)$$

对式(5)取对数获得

$$\ln \frac{Q\sigma_2}{(1-Q)\sigma_1} - \frac{(t-u_1)^2}{2\sigma_1^2} = -\frac{(t-u_2)^2}{2\sigma_2^2} \quad (6)$$

当 $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ 时,

$$t = \frac{u_1 + u_2}{2} + \frac{\sigma^2}{u_2 - u_1} \ln \frac{Q}{1-Q} \quad (7)$$

由式(7)可以求解出 t ,例如已知先验概率 $Q = 1/2$,则有:

$$t = \frac{u_1 + u_2}{2} \quad (8)$$

根据这个等式求解得到的 t ,即为最佳阈值。本文增强现实系统图像分割的阈值是采用最小误差分割法和迭代法思想来实现的,这个算法的步骤如下所示。

(1) 选择一个 t 的初始值,本文中先求出图像灰度值 $Z_{\min}$ 和 $Z_{\max}$,令 $t = \frac{Z_{\min} + Z_{\max}}{2}$ 。

(2) 根据阈值 t 将图像分割成两部分: G_1 由全部灰度值大于 t 的像素构成,而 G_2 由全部灰度值小于或者等于 t 的像素构成。

(3) 计算出区域 G_1 和 G_2 的平均灰度值 u_1 和 u_2 。

(4) 求出新的阈值 t : $t = \frac{u_1 + u_2}{2}$ 。

(5) 重复步骤(2)到(4),直到逐次迭代所得的 t 值之差小于事先定义参数或者迭代次数达到 10 次(经过多次实验发现一般不超过 10 次迭代就能找到最佳阈值,为防止程序偶尔迭代次数过多影响程序实时性,将迭代次数上限设置为 10 次)。

3 实现与结果

3.1 系统流程图

系统流程图见图 1.

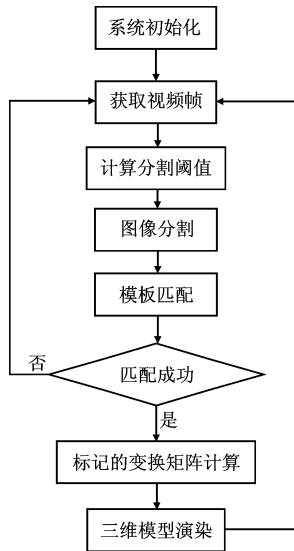


图 1 系统流程图

3.2 关键代码

最小误差法计算阈值的核心代码如下:

```

static void AdaptiveThreshold(ARUint8 *dataPtr){
for(p6=0;p6<(xsize * ysize);p6++){
dataPt[p6]=(dataPtr[p6 * 3]+dataPtr[p6 * 3 + 1]+
dataPtr[p6 * 3 + 2])/3; //将输入图像灰度化
//找到最大和最小灰度值
if(dataPt[p6]>Zmax) Zmax=dataPt[p6];
if(dataPt[p6]<Zmin) Zmin=dataPt[p6];}
t0=(Zmin+Zmax)/2; //设置初始迭代值
while((abs(t4-t5)>3)&&(p7<11)){ //迭代停止
条件
for(p6=0;p6<(xsize * ysize);p6++){
//判断归为目标点还是背景点
if(dataPtr[p6]>thresh1)
//判断归为目标点还是背景点
if(dataPtr[p6]<=thresh1){
t5=(thresh2+thresh3); //求出新的阈值 t

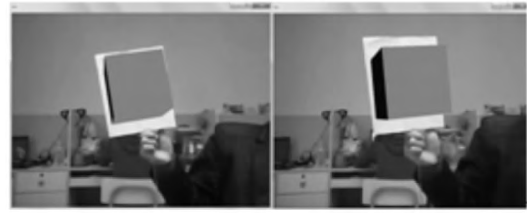
```

3.3 结果与分析

本文基于 ARToolKit 系统框架进行相应的实验,其运行环境为:64 位 Microsoft Windows 7 家庭普通版,内存为 2.00 GB,摄像机采用的是笔记本自带摄像头,输出帧为 30 f/s,分辨率 640×480 像素.程序使用 Microsoft Visual Studio 2008 编写;使用 OpenGL 建立和渲染三维虚拟模型.

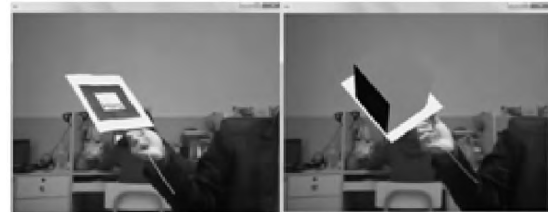
图 2 (a) 和 (b) 分别所示为采用固定阈值法和最小误差法,标识正对摄像头时都能实现增强现实的效果;图 3 (a) 所示为采用固定阈值法,标识

旋转 45° 不能实现增强现实的效果.图 3 (b) 所示为采用本文方法,标识旋转 45° 仍能实现增强现实的效果.



(a) 采用固定阈值法 (b) 采用最小误差法

图 2 标识正对摄像头时两种方法增强现实效果



(a) 采用固定阈值法 (b) 采用最小误差法

图 3 标识旋转 45° 时两种方法增强现实效果

图 4 是增强现实系统采用本文方法在标识相对摄像头角度发生变化时阈值随之做出修正的效果图.

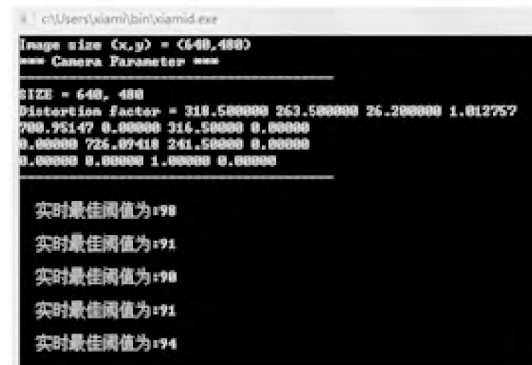


图 4 场景变化时阈值修正效果

从运行结果可以看出,当人工标记相对摄像头的位置发生较大变化,即场景发生较大变化时,采用固定阈值无法实现增强现实;而对实时视频序列中的图像采用最小误差法计算此帧图像分割的阈值时,即使场景发生变化,阈值也能随之做出相应修正,实验结果表明该法在场景发生较大变化时仍能实现增强现实且实时性较好.

4 结束语

本文在 ARToolKit 开发包增强现实系统中采用最小误差法来计算实时视频序列中的图像分割的

阈值,当场景发生变化时,阈值也随之改变,再识别有无标记,进而判断是否该实现增强现实.实验结果表明图像分割的阈值能随着场景变化做出适当修正,同时能满足增强现实系统的实时性要求,在一定程度上提高了整个系统的性能.

参考文献:

- [1] 孙阳光,蔡志华.一种基于局部自适应的女书字符图像分割算法[J].微电子学与计算机,2014,31(3):142-145,149.
- [2] 程实,顾顺,潘健生,等.基于 ARToolKit-MMD 虚拟人偶成像增强现实研究[J].微电子学与计算机,2011,28(10):150-152.
- [3] 胡颖群,尹长春.基于 ARToolKit 的三维虚拟商品展示系统设计与实现[J].计算机应用与软件,2012,29(8):259-261.
- [4] 盛君,王毅刚.基于 ARToolKit 手指交互系统的研究[J].机电工程,2010,27(6):116-119.
- [5] 张新明,李振云,孙印杰.快速二维直方图斜分最小误差的图像阈值分割[J].电光与控制,2012,19(6):8-12.
- [6] 史亨祯,王昱,石孟楠,等.基于 ARToolKit 的手指识

别增强现实系统的设计[J].长江大学学报:自然版,2013,10(4):54-55.

- [7] 蒋峥峥,高瞻,陈翔,等.基于 ARToolKit 的虚拟手表试戴系统的实现[J].信息化研究,2013,39(5):35-39.
- [8] 刘欣欣,李雪,王琼.基于灰度直方图的多阈值分割法[J].计算机应用与软件,2013,30(12):28-30,63.
- [9] 雷建锋,汪伟.基于 OpenCV 的图像阈值分割研究与实现[J].现代电子技术,2013,36(24):73-76.
- [10] 李俊锋,张志彦.基于矩不变特性的阈值选择图像分割算法研究[J].计算机应用与软件,2013,30(12):170-172.
- [11] 阮秋琦.数字图像处理基础[M].北京:清华大学出版社,2009.

作者简介:

谢敏男,(1987-),硕士研究生.研究方向为增强现实. E-mail:xiemin2012_cool@163.com

徐荣青男,(1966-),教授.研究方向为光电检测技术与光电信号处理.

何利荣女,(1975-),工程师.研究方向为图像处理.

(上接第 112 页)

- [5] Seth D D,Patnaik S,Pal S. A quality of service assured & fair MAC protocol for mobile ad hoc network[C]// Communications and Signal Processing (ICCSP), 2011 International Conference on. Calicut: IEEE, 2011,413-417.
- [6] 雷磊,许宗泽. Ad hoc 网络中 DCF 公平性分析与改进[J].电子与信息学报,2008,30(2):472-476.
- [7] Loukas A,Woehrle M,Zuniga M,et al. Fairness for All Rate Allocation for Mobile Wireless Networks[C]// Mobile Ad-Hoc and Sensor Systems (MASS), 2013 IEEE 10th International Conference. Hangzhou:IEEE, 2013,154-162.
- [8] Pham Thanh Giang,Pham Minh Vi. Cross layer design to enhance TCP performance in Multi-hop Ad hoc Networks[C]// Advanced Technologies for Communications (ATC), 2013 International Conference on. Ho Chi Minh:IEEE,2013,642-647.
- [9] Afghah F,Abedi A. Distributed fair-efficient power allocation in two-hop relay networks [C]// Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks (SECON), 2013 10th Annual IEEE Communications Society Conference on. New orleans, LA:IEEE,2013:255-257.
- [10] Dang-Quang Bui,Won-Joo Hwang. Proportionally qua-

si-fair scheduling optimization in wireless Ad Hoc Networks[C]// Advanced InformationNetworking and Applications (AINA), 2012 IEEE 26th International Conference on. [s. l.]. 2012,641-648.

- [11] Yongkang Xiao,Xiaoyan Hu,Bo Sun. Fair and stable MAC scheme to improve TCP performance for wireless Ad Hoc networks [C]// Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM), 2012 8th International Conference on. Fukuoka: IEEE, 2012,1-5.
- [12] 缙西梅,万润泽,朱彦松.基于多跳聚合无线传感器网络的公平性竞争策略[J].微电子学与计算机,2010,27(8):248-251.
- [13] Bensaou, B, Yu Wang, Chi. C. Ko. Fair Medium Access in 802.11 Based Wireless Ad-Hoc Networks[C]// IEEE/ACM MobiHoc 2000, Shanghai:IEEE,2000,99-106.

作者简介:

林涵仙男,(1987-),硕士生.研究方向为计算机网络. E-mail:lin_hanxian@126.com.

陈世平男,(1964-),教授,博士生导师.研究方向为计算机网络、分布式计算、云计算.