

文章编号:1004-4213(2010)10-1901-6

视频自动聚焦的实现研究^{*}

胡凤萍¹,常义林¹,马彦卓¹,赵光耀²

(1 西安电子科技大学 ISN 国家重点实验室,西安 710071)

(2 华为技术有限公司,广东 深圳 518129)

摘 要:提出了用于会议电视摄像机的自动聚焦方法.该方法由聚焦调节和聚焦监测两个过程组成.聚焦调节是寻找聚焦函数最大峰值的过程,在该过程中通过利用超焦距概念和动态自适应步长搜索算法加快搜索速度,并保证了良好的视觉效果;同时,提出退回检查最大值点变化方法,防止搜索过程中因受到场景变化干扰而导致的聚焦失败.聚焦监测过程是在会议电视通话中,通过监测场景变化使聚焦调节工作适时启动的过程,提出有条件地重新调节聚焦,以始终保持良好的摄像聚焦效果,同时避免频繁调焦.实验结果表明,提出的摄像机自动聚焦方法性能优秀并具有良好的稳健性.该方法已经用于华为 ViewPoint 8020plus 视频会议终端的实际产品.

关键词:视频会议;自动聚焦;聚焦调节;聚焦检测

中图分类号:TP274

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20103910.1901

0 引言

自动聚焦技术广泛应用于照相机、摄像机、显微镜、扫描仪等各种精密仪器中^[1],它是数字图像前端处理的重要研究内容.文献[2-6]讨论照相机拍摄静止图像时的自动聚焦方法,照相机拍摄静止图像时只需要进行一次焦点搜寻就可以完成自动聚焦.和它不同的是,摄像机拍摄视频序列,场景内容不断改变,导致焦点不断变化,因此要求在整个场景拍摄过程中,能实时发现它的图像散焦,并迅速搜寻焦点重新获得聚焦^[7].因此,摄像机的自动聚焦总是处于焦点监测和焦点搜寻这两个状态之间.本文研究基于拍摄的图像的摄像机自动聚焦技术,并给出完整的聚焦算法.

摄像机拍摄视频时的自动聚焦由两个过程组成:聚焦调节和聚焦监测.聚焦调节是焦点搜寻过程,对应聚焦清晰度曲线而言就是搜寻聚焦函数最大值点的过程.聚焦监测是监测焦点的状态是否改变,当检测发现焦点改变时,就进入聚焦调节过程.若焦点保持不变,则自动聚焦过程停留在聚焦监测状态.

一个好的自动聚焦算法应满足:1)聚焦过程收敛速度快而且准确;2)聚焦收敛到清晰点后,图像不

能再出现模糊,即不产生图像虚晃现象.

本文讨论了自动聚焦方法中的聚焦调节方法、聚焦监测过程和试验结果.

1 聚焦调节基本方法

1.1 图像清晰度评价函数

无源自动聚焦是根据拍摄的图像内容确定摄像机是否聚焦以及调节焦距的,因此自动聚焦首先需要确定图像清晰度的评价函数.图像清晰度评价函数要求计算量小,同时对图像变化敏感.本文采用边缘能量为图像清晰度测度,它采用 Sobel 边缘检测算子,提取水平方向和垂直方向的边缘成分,并统计边缘能量 $F(m, n)$. 表达式为

$$F(m, n) = H_{m, n}^2 + V_{m, n}^2 \quad (1)$$

式中 $H_{m, n}$ 和 $V_{m, n}$ 代表像素 (m, n) 位置处的水平和垂直梯度分量信息

$$\begin{cases} H_{m, n} = [G * S_{hor}]_{m, n} \\ V_{m, n} = [G * S_{ver}]_{m, n} \end{cases} \quad (2)$$

式中 G 为图像亮度值矩阵,“ $*$ ”为卷积运算^[8], S_{hor} , S_{ver} 分别为水平方向和垂直方向的边缘检测算子

$$S_{hor} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad S_{ver} = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

以边缘能量为图像清晰度评价函数的聚焦曲线,它的特点是远焦区虽有起伏但相对平坦,其单调性差;而在近焦区,聚焦曲线尖锐,单调性也好.

^{*} 国家自然科学基金(60772134)、高等学校学科创新引智计划(B08038)、华为科技基金资助项目和西安电子科技大学研究生创新(创 05018)基金资助

Tel:029-88202527-828 Email:husky_638@hotmail.com

收稿日期:2009-01-13

修回日期:2010-03-23

1.2 聚焦区域选择

本文提出的摄像机自动聚焦系统主要应用于视频会议,所以感兴趣区域偏重于图像的中下部分区域.把整幅图像分成上下两个区域,如图1.灰色区域为上区,由第1、2、3、4、6等方块组成;黑色区域为下区,由第5、7、8、9个方块组成.

聚焦区域的选择策略为

1)分别计算上区和下区聚焦函数值

$$\xi_i = \omega_i \cdot F_i(m, n) \quad m, n \in \text{region } i \quad (3)$$

式中, $i=1, 2$ 分别表示上下区, ω_i 为计算聚焦函数值的加权值, $\omega_1=1, \omega_2=2$.

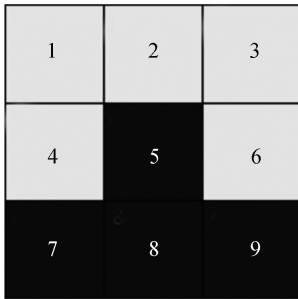


图1 区域分割图

Fig.1 Region division map

2)判别聚焦区域

如果 ξ_1 小于等于 ξ_2 , 选择下区为聚焦区域, 否则上区为聚焦区域.

所谓的聚焦区域,即聚焦调节和监测过程是根据该区的聚焦函数进行的.

通常情况下,下区的聚焦函数值比上区的大,选择下区为聚焦区域.只有上区纹理十分丰富,下区聚焦函数值小于上区的聚焦函数值,此时才选择上区为聚焦区域.

1.3 利用超焦距概念缩小聚焦范围

通常,摄像机聚焦镜头的可调范围比较宽,也就是说它的聚焦收敛速度较慢.本文利用超焦距的概念,大大缩小了聚焦范围,从而提高聚焦收敛速度.

超焦距又称超焦点距离,它是指镜头聚焦到无穷远时,从镜头至景深近界限的距离.当聚焦在超焦距上,景深便扩大到 $1/2$ 超焦距至无穷远.

从超焦距的概念来看,它是物距.超焦距并不是指某个固定的距离,而是随着光圈、镜头焦距和弥散圆直径的变化而变化.超焦距的计算公式为

$$H = f + f^2 / (c \times F) \quad (4)$$

这里 H 为超焦距, F 为光圈, c 为弥散圆直径.

把式(4)代入成像公式

$$1/f = 1/u + 1/v \quad (5)$$

这里 f 为镜头焦距, u 为物距, v 为像距,推导得到

$$v = (c \times F) / f + 1 \quad (6)$$

光圈是镜头焦距与镜头孔径之比,即

$$F = f/D \quad (7)$$

因此有

$$v = c/D + 1 \quad (8)$$

式中, D 是指镜头孔径.

从式(4)~(8)推导可以看出,当对焦到超焦距上时,相应的像距仅和弥散圆直径、镜头孔径和镜头焦距有关.

根据光学系统景深理论,若当前对焦到超焦距上,景深范围为 $1/2$ 超焦距位置处到无穷远处^[10],即 $u > (f + f^2 / (c \times F)) / 2$ 时,图像都是清晰的.

$$\text{令 } u = (f + f^2 / (c \times F)) / 2, \text{ 代入成像公式,得到} \\ v = (D/c + 1) / (D/c - 1) \quad (9)$$

当对焦到超焦距上,而像距小于或等于 $(D/c + 1) / (D/c - 1)$ 时,图像均清晰.按此道理,聚焦函数最大值点落在 $(D/c + 1) / (D/c - 1)$ 到聚焦镜头最远可调节位置这个范围内,即它的聚焦范围也可限制在 $(D/c + 1) / (D/c - 1)$ 到聚焦位置镜头最远可调节位置.同时,摄像机聚焦镜头最远可调节位置与摄像头能够完成聚焦的最近点有关,从广角端到望远端,摄像头可聚焦的最近点不断增大,从像距上来看,聚焦镜头最远可调节位置不断减小.因此,镜头焦距越大,聚焦范围越小,即从广角端到望远端聚焦范围不断减小.

1.4 聚焦函数最大值搜索

聚焦函数最大值搜索算法要求收敛速度快,同时聚焦准确度高.1.3小节利用超焦距的概念缩小了聚焦搜索范围,有利于提高搜索速度.在此基础上本文采用变步长搜索算法,开始时大步长搜索,提高收敛速度,在大步长搜索找到的函数最大值处,采用小步长进一步搜索找到聚焦函数的真正最大值,提高聚焦准确度.

无论大步长还是小步长搜索聚焦函数最大值,调节聚焦的结束条件都是:找到聚焦函数曲线的下降点.

大步长粗调找到下降点判断准则是:聚焦函数值的下降量超过一个门限,即

$$\frac{\xi_i(n-1) - \xi_i(n)}{\text{Max}(\xi_i(n), \xi_i(n-1))} < T_0 \quad (10)$$

式中, $\xi_i(n-1)$ 、 $\xi_i(n)$ 是前后两次大步长调焦搜索的聚焦函数值, T_0 是一个正的门限值.

小步长微调找到聚焦函数下降点的判断准则是:发现聚焦函数值下降.即 $\xi_i(n-1) < \xi_i(n)$, 其中 $\xi_i(n-1)$ 、 $\xi_i(n)$ 是前后两次小步长调焦搜索的聚焦函数值.

以边缘能量为聚焦测度函数的曲线在远焦区平坦而稍有起伏,单调性差(事实上,不管以何种评价

函数为视频图像的清晰度判据,在场景复杂且随时间变化的情况下,聚焦函数曲线都不可能是严格单调的)。若聚焦起始位置在远焦区域,由于聚焦函数的非单调性,以聚焦函数值的上升或者下降简单判断调焦方向或者判断是否找到聚焦函数值下降点,都极有可能出错。为了避免在远焦区发生以上错误,在大步长调焦时设定的判断是否找到下降点的门限,值要大于平坦区常规的波动幅度,即排除平坦区的波动干扰。

而小步长聚焦调节的位置是在近焦区,这里的聚焦函数曲线陡峭,单调性好,所以当聚焦函数值下降即可认为找到了聚焦函数曲线的下降点。

聚焦调节算法的基本步骤为:

1) 设置初始调焦方向,沿初始调焦方向微调一步,若聚焦函数值下降量超过一个门限,则改变调焦方向。

2) 沿调焦方向大步长调焦,找到聚焦函数下降点后返回调焦过程中记录的最大值点。

3) 沿大步长调焦方向微调一个小步长,若聚焦函数值上升则小步长微调方向正确。否则,改变小步长调焦方向。

4) 沿小步长调焦方向寻找下降点,找到聚焦函数下降点后返回调焦过程中记录的最大值点,即为正确聚焦点。

2 提高聚焦过程中的视频质量

2.1 避免搜索过程中视频质量反复变化

在搜寻焦点的过程中,为了保证良好的视觉效果,希望聚焦的收敛过程是单向的,即图像只能由模糊到清晰,而不能出现模糊-清晰-模糊-清晰这种反复的现象。

但是基于爬山理论的峰值搜索算法只能通过搜索点函数值的比较,即找到下降点才能确定最大峰值点,算法本身不可能做到单侧逼近收敛。本文提出的系统本身又有技术条件的限制,在拍摄视频序列时,调节焦距后捕获的图像都是有效图像,所谓有效图像是指该图像都将呈现给观看者,即不能在有效输出图像间插入有只用于聚焦的图像。这就有可能在聚焦调节时,视频图像清晰度会有反复现象。如图2,设置两个聚焦方向,near和far,near方向是向近聚焦,far方向是向远聚焦。聚焦起始位置在A处,沿着near方向以步长 S_1 聚焦,随后又经过B、C、D点,聚焦函数值不断增加,输出图像越来越清晰。此时D点已经靠近峰值位置,由于先前的搜索过程一直处于爬坡状态,所以下一步仍然沿着near方向聚

焦,以一个大步长 S_4 到达E点,聚焦函数值下降,E点输出图像比D点输出的图像要模糊,出现图像清晰度反复。

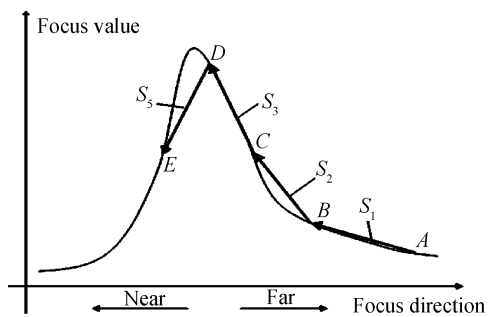


图2 图像清晰度反复现象示意图

Fig. 2 Fluctuation of image definition

为了降低视频图像清晰度反复,本文通过减少过峰点时的聚焦调节量来降低图像模糊程度,从而保证视觉感受上的单向性,避免人眼能分辨出由于越过聚焦点导致的图像模糊。为了达到这一目的,在采用变步长的搜索方法基础上,本文采用了步长自适应变化算法。即无论大步长搜索过程,还是小步长搜索过程,其步长都是自适应变化的。

自适应变化的基本思路是:

1) 设小步长值为 l ,大步长值为 L , $L = n \cdot l$ (n 为正整数)。

2) 大步长 L 自适应调整

a. 调焦起始位置有可能在一个清晰点处,为了避免因聚焦调节量偏大而使图像模糊,则每次初始调焦都采用小步长,即 $n=1$ 。

b. 初始采用 $L=1$,连续调节3步,若还未找到下降点,则逐步增加 n ,即加大 L 。

c. 当聚焦函数曲线斜率 $(\xi_i(n) - \xi_i(n-1))/L$ 超过一个门限,则逐步减小 n 。

3) 小步长 l 随景深的改变而改变

大步长自适应调整能够保证聚焦位置靠近峰点时,采用较小的步长调焦。

但若小步长调节量偏大,仍有可能在收敛到清晰点后,图像出现模糊,所以,只有选取合适的小步长,才能保证图像不虚晃。

聚焦函数值的变化受景深的影响,对应于同样的 l ,景深小时,聚焦函数值变化量大,景深大时,聚焦函数值变化量小。如图3,曲线2对应的场景景深比曲线1对应的场景景深小,所以曲线2比曲线1尖锐,对同样大小的聚焦调节量 Δ_f ,曲线1的聚焦函数值变化量 $\Delta_1 = f_1 - f_2$,曲线2的聚焦函数值变化量 $\Delta_2 = f_1 - f_3$,从图上可以看到, $\Delta_1 < \Delta_2$ 。

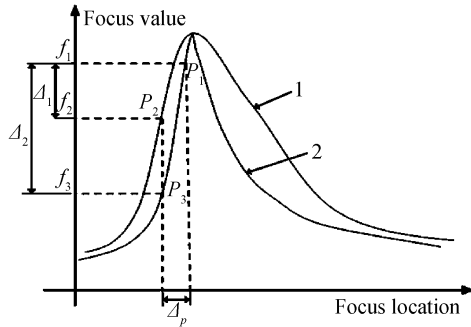


图3 景深对聚焦值变化量影响示意图

Fig. 3 Impact of depth of field on focus value

景深又与物距、镜头焦距有关。物距越小，景深越小；镜头焦距越大，景深越小^[9]。因此小步长 l 的调整策略是：

a) 镜头焦距不变的情况下，在整个聚焦范围内，由近端到远端， l 值依次增大。

b) 若镜头焦距改变，景深改变，则 l 值要随之改变，由广角端到望远端， l 值依次减小。

2.2 抗聚焦过程中的干扰

聚焦过程中若受到干扰，例如，聚焦过程中场景发生变化，引起聚焦函数值下降，误认为找到聚焦函数曲线下降点，接着在此点周围进行小步长搜索，而没有发现真正的最大峰值，导致聚焦失败。

为了解决聚焦过程中因干扰而导致的聚焦失败，本文提出采用退回检查最大值点变化的方法来抗调焦过程中的干扰。

根据本文的聚焦函数最大值点搜索算法，找到下降点后，返回调焦过程中记录的聚焦函数最大值点。在不受干扰的情况，返回最大值点后，重新获取的最大值和前面调焦过程中记录的最大值几乎一致，如果前后两个值差别较大，说明是由于场景发生变化引起的，而不是找到了聚焦函数真正的最大值点。

具体的抗干扰方法如图4。图4中曲线1是原场景的聚焦函数曲线，在聚焦调节过程中，场景发生变化，变化后的聚焦函数曲线为曲线2。在原场景聚焦调节过程中，当聚焦位置调节到 P_0 点，聚焦函数值处于 a 点时，场景发生变化，同时在 a 点基础上继续下一步的聚焦调节。由于场景发生变化，下一步聚焦调节到 P_1 点后测量的聚焦函数值点为曲线2的 b 点。按照前面没有抗干扰措施的聚焦调节算法，会误认为 a 点为最大峰值点，而考虑了干扰情况后，则从 P_1 点反向调节到 P_0 点，再计算聚焦函数值，若 c 点的聚焦函数值 f_2 和 a 点的 f_1 之差超过一个门限值，则需要从 c 点开始继续搜索聚焦函数的最大峰值，最终找到曲线2的最大峰值点 d ，和它对应的最佳聚焦位置为 P_2 。

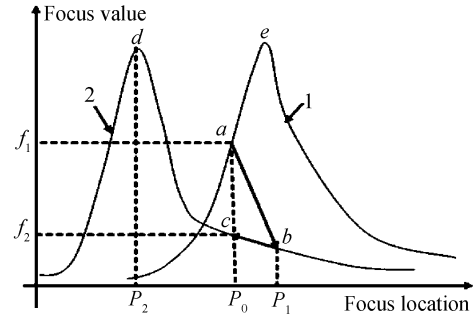


图4 抗干扰示意图

Fig. 4 Anti-interference sketch

3 聚焦监测

聚焦监测的关键是确定是否要重新启动聚焦调节以及重新启动聚焦调节的条件。

调焦搜索到正确的焦点后，需要监测场景是否变化，是否需要重新调节焦距。场景的变化是通过聚焦函数值反映的。如果在监测过程中发现聚焦区域聚焦函数值的变化超过了一个门限，即发生了大的变化，必需重新启动聚焦调节过程。但也有场景变化只引起较小的聚焦区域聚焦函数值的变化。若聚焦区域聚焦函数值变化小，则分两种情况讨论：

1) 在聚焦区域有超过半数的方块（上区3个或者3个以上，下区2个或者2个以上）聚焦函数值发生变化。

2) 聚焦区域低于半数的方块（上区3个以下，下区2个以下）聚焦函数值发生变化。

对应情况1)，需要重新启动聚焦调节过程。对应情况2)，可能是场景发生细微变化或者光线发生一些变化引起的，此时仍保持聚焦监测状态。

4 实验结果

将本文所设计的自动聚焦系统应用于华为ViewPoint 8020plus 视频会议终端，并使用该设备进行场景测试。主要从聚焦准确性、聚焦函数最大值搜索过程中输出图像主观效果、聚焦抗干扰性能、聚焦速度这四个方面进行测试。

4.1 聚焦准确性测试

选择室内人物、花盆等典型的成像目标进行聚焦试验均取得成功，图5(a)~(d)给出了聚焦前后图像的对比，可以看出本文所提出的方法能够很好地完成聚焦。



(a) Defocused "Portrait"

(b) Focused "Portrait"



(c) Defocused "Flower Pot"

(d) Focused "Flower Pot"

图 5 离焦与聚焦图像的对比

Fig. 5 Comparison of defocused and focused pictures

4.2 输出图像主观效果

根据本文提出的步长自适应调整策略,聚焦函数最大值搜索过程中,图像序列的清晰度是从模糊到清晰.避免聚焦过程中图像清晰度反复变化,视频主观质量良好.

为了验证这一策略的有效性,本文选取静止的花盆这一场景作为聚焦对象,输出聚焦过程中每个调焦位置处采集的图像.如图 6(a)~(j).花盆距镜头约 30 cm 处,聚焦镜头起始位置远离准焦位置,所

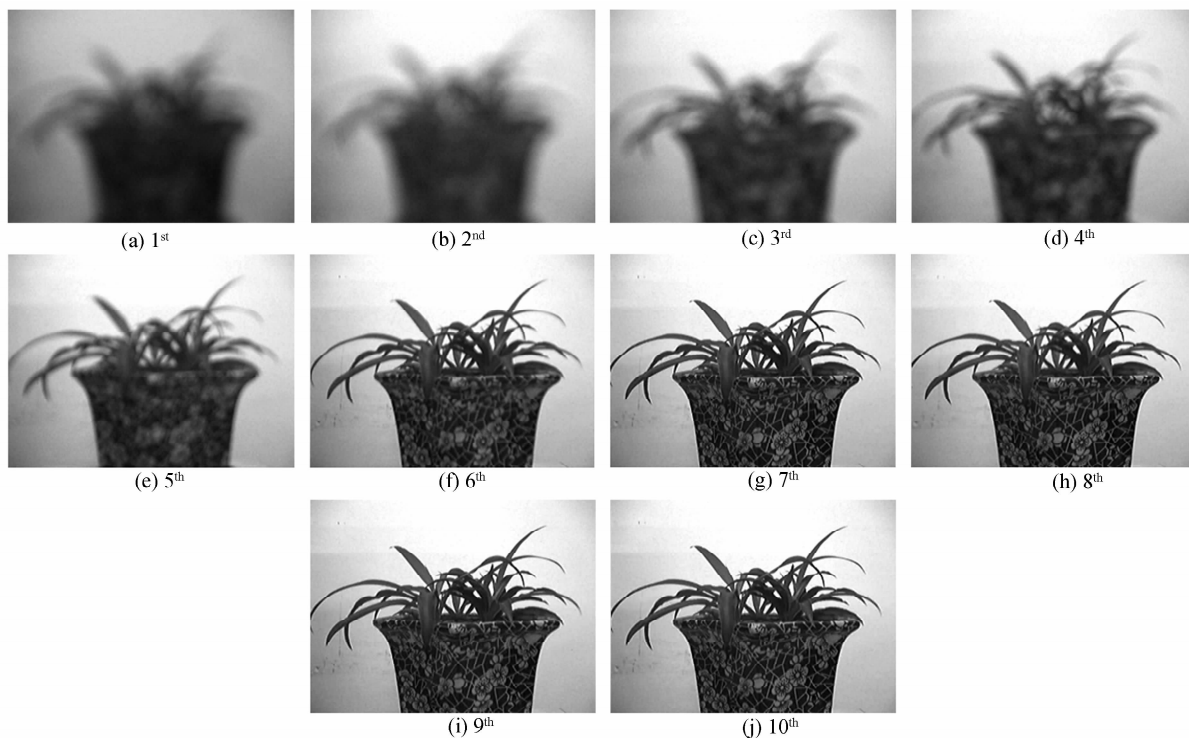
(a) 1st(b) 2nd(c) 3rd(d) 4th(e) 5th(f) 6th(g) 7th(h) 8th(i) 9th(j) 10th

图 6 花盆图像序列的聚焦过程

Fig. 6 Focusing process of the sequence "Flower Pot"

5 结论

本文从图像清晰度评价函数、图像聚焦区域选择、聚焦范围、聚焦函数最大值点的搜索、步长自适应调整、抗聚焦过程中的干扰和重新启动聚焦调节的判决方法这 6 个方面给出了摄像机拍摄视频自动聚焦算法的完整实现.算法利用超焦距的概念缩小聚焦范围,有利于提高聚焦速度.在此基础上,采用变步长的焦点搜索算法,聚焦快速而准确.在焦点搜

以,初始输出图像比较模糊,聚焦过程中,图像逐渐变清晰,直到寻找到准焦点,输出图像最清晰.试验结果表明,本文提出的自动聚焦技术能够保证良好的视频主观效果.

4.3 聚焦抗干扰性能及速度测试

为了测试本文自动聚焦算法的抗干扰性能,本文设计了多种干扰场景,实验结果表明由物体高速运动,运动速度在 30 m/s 引入的干扰都不会导致聚焦失败.本文提出的自动聚焦系统具有较强的抗干扰性能.

自动聚焦的速度是决定聚焦算法好坏的关键之一.本文利用超焦距的概念,缩小了聚焦范围,有利于聚焦速度的提高.同时,在搜索聚焦函数最大值时,采用动态自适应步长的策略,聚焦速度进一步提高.对大量场景进行测试,均可以在 2 s 内完成聚焦.实验结果表明本文的自动聚焦系统具有良好的实时性.

索过程中,为了保证良好的视觉效果,算法通过步长自适应调整策略避免搜索过程中图像的虚晃,保证收敛到清晰点后,图像不再出现模糊.同时,通过检查最大值点是否变化的方法抗聚焦过程中的干扰,增强算法顽健性.通过聚焦检测过程中的有条件聚焦重启,保障了视频图像聚焦质量,并避免了频繁的聚焦调整.

该自动聚焦方法应用于华为 ViewPoint 8020plus 视频会议终端,通过实验检验了该自动聚

焦算法的性能. 实验结果表明, 提出的摄像机自动聚焦系统具有良好的聚焦效果, 可应用到实际工程中.

参考文献

- [1] JIANG Wei, GAO Zan, ZHU Kong-feng. An improved auto-focusing algorithm [J]. *Journal of Shandong University (Natural Science)*, 2006, **41**(5): 120-123.
姜威, 高赞, 朱孔凤. 一种改进的自动聚焦算法[J]. *山东大学学报(理学版)* 2006, **41**(5): 120-123.
- [2] LEE J H, KIM K S. Implementation of a passive automatic focusing algorithm for digital still camera [J]. *IEEE Trans on Consumer Electronics*, 1995, **41**(3): 449-454.
- [3] CHEN C M, HONG C M, CHUANG H C. Efficient auto-focus algorithm utilizing discrete difference equation prediction model for digital still cameras [J]. *IEEE Trans on Consumer Electronics*, 2006, **52**(4): 1135-1143.
- [4] HE Jie, ZHOU Rong-zhen, HONG Zhi-liang. Modified fast climbing search auto-focus algorithm with adaptive step size searching technique for digital camera [J]. *IEEE Trans on Consumer Electronics*, 2003, **49**(2): 257-262.
- [5] LI Feng, JIN Hong. A fast auto focusing method for digital still camera[C]. *Proceedings of 2005 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 2005, **8** (18-21): 5001-5005.
- [6] KANG Zong-ming, ZHANG Li, XIE Pan. Implementation of an automatic focusing algorithm based on spatial high frequency energy and entropy [J]. *Acta Electronica Sinica*, 2003, **31**(4): 552-555.
康宗明, 张力, 谢攀. 一种基于能量和熵的自动聚焦算法[J]. *电子学报* 2003, **31**(4): 552-555.
- [7] YANG Xiao-jun, SU Xiu-qin, HAO Wei, et al. The study at automatic focusing systems and methods of calibrated focal length used in precision measurement [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2005, **34**(12): 2290-2293.
杨小君, 苏秀琴, 郝伟, 等. 用于精密测量的自动变焦系统及标校方法的研究[J]. *光子学报*, 2005, **34**(12): 2290-2293.
- [8] ZHOU Xian, JIANG Wei. Auto-focus algorithm based on image edge energy [J]. *Optical Technique*, 2006, **32**(2): 213-218.
周贤, 姜威. 基于边缘能量的自动聚焦算法[J]. *光学技术*, 2006, **32**(2): 213-218.
- [9] LI Qi, XU Zhi-hai, FENG Hua-jun, et al. Autofocus area design of digital imaging system [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2002, **31**(1): 64-66
李奇, 徐之海, 冯华君, 等. 数字成像系统自动对焦区域设计[J]. *光子学报*, 2002, **31**(1): 64-66.
- [10] YU Dao-yin, TAN Heng-ying. *Engineering optics* [M]. Beijing: China Machine Press, 2006: 69-72.
郁道银, 谈横英. *工程光学*[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 69-72.

Development of the Video Automatic Focus Method

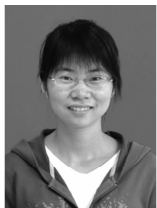
HU Feng-ping¹, CHANG Yi-lin¹, MA Yan-zhuo¹, ZHAO Guang-yao²

(1 National Key Lab on Integrate Services Network, Xidian University, Xi'an 710071, China)

(2 Huawei Technologies Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518129, China)

Abstract: An automatic camera focusing scheme used in video conference is presented. The proposed scheme consists of two phases: focus adjusting and focus monitoring. In the focus adjusting phase, mountain climbing algorithm is used to search the peak point of the focusing criteria function. The focus searching range is reduced by the concept of hyperfocal distance, and the searching step size is adapted dynamically. Therefore, the searching process is speeded up, and good subjective quality of pictures is guaranteed. Moreover, to eliminate the influence of scene changes during the searching process, a return-examination method is used. In the focus monitoring phase, focus adjusting is conditionally triggered based on the results of shot change detection, which helps to guarantee focus quality and avoid frequently refocusing. Experimental results validate the performance and robustness of the proposed scheme. It has been integrated in the products of video conference terminal.

Key words: Video conference; Automatic focusing; Focus adjusting; Focus monitoring



HU Feng-ping was born in 1982. Now she is a M. S. degree candidate of National Key Lab on Integrate Services Network, Xidian University. Her research interests focus on image processing and multimedia communications.



CHANG Yi-lin was born in 1944. He is currently the professor of School of Telecommunications Engineering, Xidian University. His major interests are in the fields of multimedia in network, wireless video transmission and network management.