

一种全帧型 CCD 航空相机像移补偿方法

杜云飞^{1,2}, 刘波¹, 胡炳樾¹, 王华伟^{1,2}, 唐垚^{1,2}

(1 中国科学院西安光学精密机械研究所, 西安 710119)

(2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要:提出一种全帧型 CCD 航空相机像移补偿的实现方法. 应用全帧型 CCD 在机械快门不关闭的情况下连续曝光的特点, 并根据不同的速高比控制暂停脉冲的个数和宽度, 控制了 CCD 垂直转移的速度, 使 CCD 在曝光的同时进行转移和读出, 实现了全帧型 CCD 航空数码相机航向方向的像移补偿. 实验数据表明: 该方法能够实现全帧型 CCD 像移补偿的功能.

关键词:全帧型 CCD; 像移补偿; 帧转移 CCD 脉冲产生电路; 暂停脉冲

中图分类号: TN386.5

文献标识码: A

文章编号: 1004-4213(2007)12-2334-3

0 引言

航空拍照时由于飞行器运动、振动和相机摆动等原因, 感光介质在曝光成像时目标与感光介质存在相对运动, 这种相对运动带来的成像模糊即为像移^[1]. 飞机航向飞行产生的像移通常称为前向像移, 对于垂直拍摄的航拍相机来说, 在其产生的诸多像移中, 前向像移的影响最大. 如果不采取有效的补偿措施, 就会影像航拍图像的成像质量和相机分辨率. 因此在像移补偿时, 沿飞行器的飞行方向像移进行有效补偿, 就能基本消除像移对成像质量的影象^[1]. 本文通过控制暂停脉冲的个数和宽度, 进而调节 CCD 垂直转移速度, 实现了全帧型 CCD 航空数码相机航行方向的像移补偿.

1 像移补偿的原理

对于全帧型 CCD 航空数码相机来说, 像移补偿方法很多: 移动焦平面补偿^[2], 缩短曝光时间补偿^[2], 图像处理补偿等^[3]. 但移动焦平面补偿需要相对复杂的结构设计和电控系统, 电子学系统功耗较大; 缩短曝光时间补偿在起到像移补偿作用的同时降低了输出信号的信噪比; 图像处理补偿是对已有的数字图像补偿, 算法的依赖性很大^[4], 不能从根本上解决问题.

TDI CCD(Time Delay and Integration Charge Coupled Device)补偿技术是一种电子式补偿方法. TDI CCD 是一种线阵 CCD, 它的补偿原理是多级像元对同一目标多次曝光, 将得到的电荷逐级进行累加, 并最终输出各级 TDI 像元对同一目标的积分电荷之和^[5]. 这种补偿技术不需要复杂的机械部件, 功耗小, 灵敏度高. 本文将以此为根据提出了一种基

于电荷转移的全帧型 CCD 航空相机像移补偿方法.

全帧型 CCD 可以看作是一维线形 CCD 的光敏元件排列成的二维阵列, 没有存储区, 需要加入快门控制曝光. 和 TDI CCD 转移原理相似, 飞行拍摄时, 如果使 CCD 在曝光的同时, 成像电荷包在垂直驱动脉冲的驱动下按像移补偿的速度进行同步转移, 这样, 当目标移动到下一个位置时, 相临像元再次曝光并与同步转移来的电荷进行累计, 最后读出累积的电信号. PPGFT (Pulse Pattern Generator for True Frame CCD); SAA8103 是一款时序脉冲产生芯片^[6], 曝光过程中通过控制 PPGFT 在适当时机进入 STANDBY MODE(暂停模式), 实现控制光电荷垂直转移的速度. 图 1 是以一定速度下降的小球在 CCD 成像区不同时刻, 光电荷积分转移的过程. Timer 1 时刻, 目标在 CCD 成像区位置 1 部分像元上成像, Timer 2 时刻, 目标运动到位置 2, 此时位置 1 的像元也以像移速度转移到位置 2, 在位置 2 对同一目标继续曝光, 依次类推, 完成整个曝光过程.

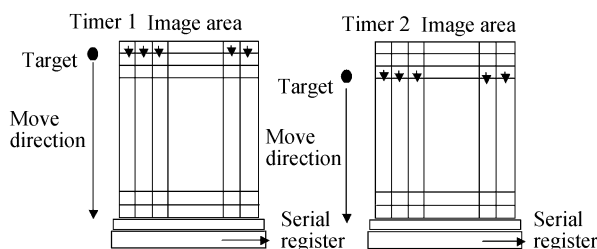


图 1 目标运动到不同位置光电荷的转移过程
Fig. 1 Charge transfer with The target moving

2 全帧型 CCD 像移补偿的设计

本文讨论的补偿运动是源于航拍相机相对于拍摄目标的速度差和高度差. 因此像移的补偿设计要以飞机的飞行高度 H 、航速 $V_{\text{航}}$ 、光学系统的焦距 f 和曝光时间 $T_{\text{曝光}}$ 为参考. 根据理想光学系统的成像原理, 可以推算出像移补偿的速度 $V_{\text{移}}$ 为

$$V_{移} = \lambda \times f' = \frac{v \times f'}{3.6H} \quad (1)$$

式中

$V_{移}$ 为像移补偿速度,单位 mm/s; $S_{移}$ 为像移量,单位 mm; λ 为速高比,单位 1/s; $V_{航}$ 为巡航速度,单位 km/h; f' 为光学镜头焦距,单位 mm; H 为飞行高度,单位 m.

根据像移补偿速度和曝光时间,可以确定转移一行积分电荷的时间 t ,并算出曝光过程中,暂停脉冲的个数 m ,暂停脉冲的宽度 p ,计算过程分别为式(2)~(4).

$$t = \frac{\omega}{V_{移}} \quad (2)$$

式中 t 为转移一行积分电荷的时间,单位 s; ω 为像元尺寸,单位为 μm . 曝光过程中,暂停脉冲的个数为 m

$$m = T_{曝光} / t \quad (3)$$

式中 m 为暂停脉冲的个数; $T_{曝光}$ 为快门曝光时间,单位 s. 曝光过程中,暂停脉冲的宽度 p 为

$$p = t - t_o \quad (4)$$

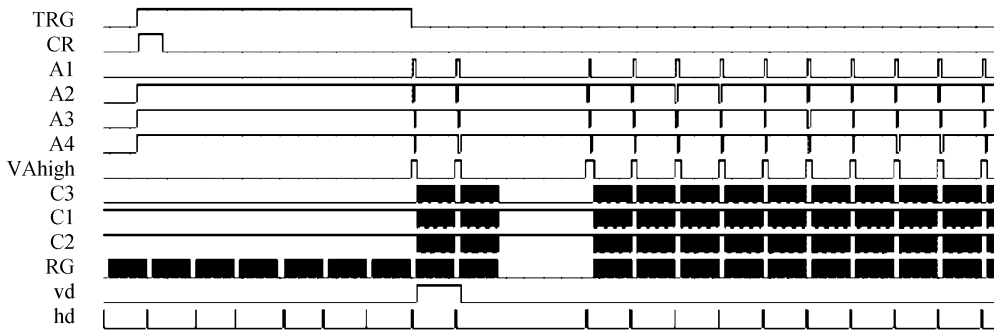


图2 STANDBY 状态波形
Fig. 2 STANDBY mode wave

这种像移补偿的关键在于怎样实现曝光过程中的垂直转移速度的控制,图3是曝光控制的时序图.机械快门打开后,TRG脉冲激活PPGFT,输出CR(Charge Reset)脉冲控制光电荷开始曝光.像移补偿时,相机控制系统控制PPGFT进入STANDBY模式,一行光电荷积累完毕,垂直转移这一行电荷,然后继续曝光停止转移.继续曝光停止转移的时间就是暂停脉冲的宽度,计算过程见式(2)~(4).综上所述,合理控制暂停脉冲的宽度,完全可以达到控制

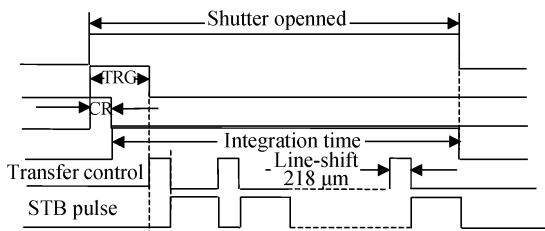


图3 曝光控制时序
Fig. 3 Exposure control sequence

p 为暂停脉冲的宽度,单位 s; t_o 为转移读出一行的时间,单位 s.

图2为实际对PPGFT芯片SAA8103调试时控制插入STANDBY状态的波形图. A1、A2、A3、A4是图像栅时钟,控制光敏区中光电荷的积累和光电荷的垂直转移. A时钟的高电平有两个高电平状态,当CCD工作在垂直行转移状态时, A时钟要保持在一个高电平状态,而在光积分状态时,要保持在另一个高电平状态. C1、C2、C3是水平驱动时钟,控制将输出寄存器里的电荷水平串行转移到输出放大器. PPGFT芯片进入STANDBY模式时, A时钟进入暂停且保持曝光时所需状态, C时钟进入暂停且保持低电平,控制A时钟在曝光和转移过程中高电平转换的VAHIGH脉冲也保持曝光状态. 曝光过程中,暂停脉冲的个数即为计算得出的转移电荷的行数,暂停脉冲的宽度可从式(3)中得出. 从控制波形上分析,这种控制方法满足曝光同时转移电荷的要求,而且通过控制暂停时间,调节了垂直转移的频率,满足了不同速高比时所需要的补偿速度.

转移速度的目的.

3 实验结果

图4是用焦距为180 mm的样机拍摄的效果对比图. 实验采用1600 mm平行光管和2号鉴别率板为模拟目标. 为了使实验效果更加明显,快门速度采用了16 ms. 实验首先拍摄了相机和模拟目标均在静止状态下的图4(a),以水平方向的线条为例,图像在CCD靶面上所占的像元数是25个像元,图4(b)是相机没有进行像移补偿,拟速高比为1/25,目标在航向反方向运动时拍摄的,图中水平方向线条成的像在CCD靶面上所占的像元数是38个,且线条边缘的灰度值降低. 图4(c)是相机按照前文所述的方法进行像移补偿时所拍的图像,图中水平方向线条成的像在CCD靶面上所占的像元数是26个像元,图像边缘灰度值升高. 从以上的试验数据可以得出,目标相对相机拍摄过程运动时,目标在CCD靶

面所成图像会有明显拉伸,造成图像边缘不清晰,分辨率降低.而按照本文提出的方法进行合理的计算

和控制,就能够对航向方向的行对运动作出有效的补偿控制,提高了图像的分辨率.

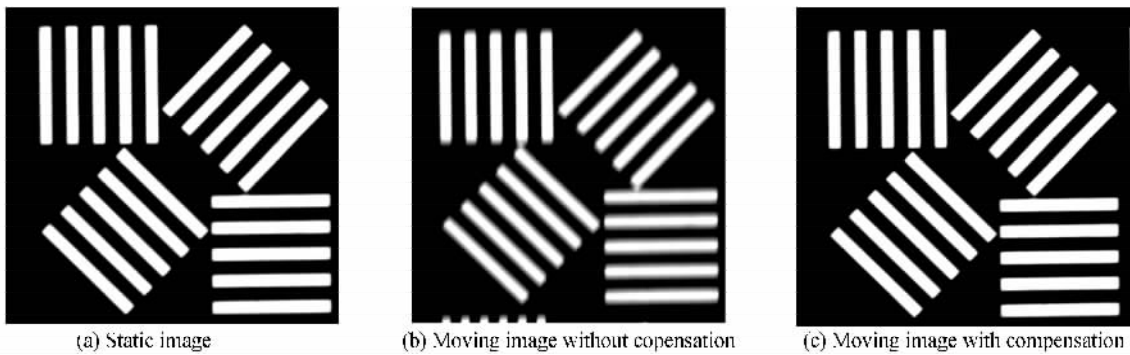


图4 实验图像

Fig. 4 Experiment image

4 结论

实验拍摄的图像说明,本文提出的全帧型 CCD 数码相机航向方向的像移补偿方法行之有效.针对全帧型 CCD 的特点,并根据 TDI CCD 补偿原理,通过控制专业芯片 SAA8103 适时的进入 STANDBY 模式,成功的控制了积分电荷垂直转移的速度,实现了像移补偿.实践证明,该方法成功的解决了大面阵 CCD 航空数码相机航行方向像移的问题.

参考文献

- [1] LIU Ming, LI Gang, LI You-yi, *et al.* The effect of image motion on the quality of aerial camera images [J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2004, **12**(31):12-14.
刘明,李刚,李友一,等.航空相机的像移计算及其补偿分析[J].光电工程,2004, **12**(31):12-14.
- [2] HUANG Jing, WANG Dai, GAO Xiao-dong, *et al.* Image motion compensation realization of large resolution digital survey camera[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2006, **5**(33): 27-30.
黄静,王岱,高晓东,等.大面阵数字航测相机像移补偿的实现[J].光电工程,2006, **5**(33):27-30.
- [3] DING Fu-jian, LI Ying-cai. Forward motion compensation of CCD camera by means of computer software [J]. *Acta Photonica Sinica*, 1998, **10**(27):948-951.
丁福建,李英才. CCD 相机的像移补偿[J].光子学报,1998, **10**(27):948-951.
- [4] WANG Xiao-yong, LI Qi, XU Zhi-hai, *et al.* Real-time digital image stabilization system based on gray projection algorithm [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2006, **8**(35):1268-1271.
汪小勇,李奇,徐之海,等.用于实时数字稳像的灰度投影算法的研究[J].光子学报,2006, **8**(35):1268-1271.
- [5] GAYLORD G O. Image motion compensation with frame transfer CCDs[C]. *SPIE*, 2002, **4567**:153-160.
- [6] PHILIPS S. SAA8103 pulse pattern generators for true frame CCD[DB/OL]. www.Philips.com, 2001, 4.

A Compensation Technology for Image Motion of Full-Frame CCD Aerial Camera

DU Yun-fei, LIU Bo, HU Bin-liang, WANG Hua-wei, TANG Yao

(1 Xi'an Institute of Optics & Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710119, China)

(2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Received date: 2007-02-02

Abstract: A compensation technology for the image motion of the full-frame CCD aerial camera is proposed. Exposal is continued when the shutter of the Full-Frame CCD is opened. The transfer speed of the charge can be controlled based on the different flying height and velocity. The pause pulse is intervened timely and the vertical transfer speed is changed accordingly. The theories of how to calculate the number and the cycle of the pause pulse are demonstrated, which are helpful in the fields of large resolution digital aerial camera in the future. A good result of compensation for the image motion of the full-frame CCD is shown by the experimental image.

Key words: Full-Frame CCD; Image compensation; PPGFT; Pause pulse



DU Yun-fei was born in 1975. She received the B. S. degree from Xi'an Architecture & Science and Technology university. She has worked in Xi'an Institute of Optics & Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences for 8 years. Now she is a Ph. D candidate at the same institute. Her research interests include CCD camera control and optoelectronic device control technology.