

文章编号:1002-2082(2008)SO-0145-03

头盔瞄准具瞄准线参数解算方法的研究

鱼奋岐, 雷金利

(西安应用光学研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 结合双目机器视觉测量技术和CCD测量的原理,给出一种头盔瞄准线参数测量新方法,对可能存在的误差源进行分析,并提出解决方法。双目机器视觉测量方法在头盔瞄准具瞄准线测量数学模型的基础上,应用机器视觉方法对头盔上的特征点进行重建,获取特征点的坐标进而解算瞄准线的参数。双目机器视觉测量系统结构简单,测量精度能满足头盔瞄准具瞄准线参数解算的精度要求。

关键词: 瞄准线;双目机器视觉;坐标测量

中图分类号: TN142

文献标志码: A

Resolving method of bore-sighting parameters for helmet-mounted sight

YU Fen-qi, LEI Jin-li

(Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

Abstract: In combination with the measurement technology of the stereo machine vision and the measurement principle of CCD, a new method to measure the sighting line parameters of the helmet-mounted sight is presented, the possible error source is analyzed, and the solution is proposed. Based on the mathematical model of bore-sighting measurement for helmet-mounted sight, the characteristic points on the helmet were constructed by means of machine vision to acquire the characteristic point coordinate, and then resolve the parameters of the bore-sighting. The structure of the system is simple. The measuring accuracy can satisfy the accuracy requirement of resolving the bore-sighting parameters for the helmet-mounted sight.

Key words: sight line; stereo machine vision; coordinate survey

引言

头盔瞄准具是重要的机载设备之一,具有瞄准快速、使用方便以及能充分发挥人的作用的特点,使其越来越得到广泛的应用。在头盔瞄准具中,头盔瞄准具通过头部定位实现目标瞄准。实现头部定位的方法^[1]大致有机械法、电磁法、光电法及图像法。伴随着光电技术的发展,人们在不断寻找和尝试新的头部定位方法,以期达到头部定位准确和迅速的目的。

1 头盔瞄准具测量的数学模型

头盔瞄准具的参数解算主要是通过测量飞行

员头部的转动角度来实现,根据转动角度,解算出瞄准目标相对飞机坐标系的角度参数。因而,头部定位的实质是测量飞行员头部的实时转动角度。图1给出了测量飞行员头部转动角度的数学模型^[2]。在该模型中,定义飞机坐标系如下:飞机机翼方向为Z轴;机身方向为X轴;Y轴垂直于XOZ平面。 Ψ_x 为目标方位角; Ψ_y 为目标的俯仰角。在头盔上安装3个红外发光二极管,分别为D1,D2,D3。D2,D3与D1构成等腰三角形, $D1D2 = D1D3 = L$, $O1O2 = L_0$ 。在安装3个发光二极管时,使3个发光二极管组成的平面法线与飞行员的视线(即瞄准线)平行或者成固定的夹角。这样,当飞行员转动头

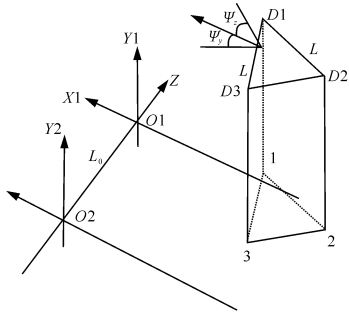


图 1 数学模型

Fig. 1 Mathematical model

盔进行目标瞄准时,发光二极管组成的平面法线的转动角度与瞄准线的转动角度相同,或者相差固定的夹角。根据这一关系,通过测量发光二极管组成的平面法线的角度变化实现对瞄准线的测量。实现测量转动角度的关键是:求出头盔上 3 个特征点(发光二极管所在点)的坐标,3 个特征点的坐标求取后,就可以确定平面的空间位置,进而可得到其法线的角度参数,实现对瞄准线的测量。这 3 个特征点的坐标测量可通过机器视觉方法获取。在获取特征点的坐标后,瞄准线的方位角、俯仰角的计算过程如下:

1) 求出三角形各个边在 OX 和 OZ 轴上的投影值 $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta z_1, \Delta z_2$;

2) 移动坐标原点,求出垂直坐标 $\Delta y_1, \Delta y_2$:

$$\Delta y_1 = \sqrt{L^2 - \Delta x_1^2 - \Delta z_1^2}$$

$$\Delta y_2 = \sqrt{L^2 - \Delta x_2^2 - \Delta z_2^2}$$

式中: L 是 $D1D2$ 和 $D1D3$ 两两二极管的间距。

3) 根据空间平面方程,求出平面法线的夹角,即瞄准线的角度。

$$\text{方位角: } \Psi_y = \arctan \frac{C}{A}$$

$$\text{俯仰角: } \Psi_z = \arctan \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

$$A = \begin{vmatrix} \Delta y_1 & \Delta z_1 \\ \Delta y_2 & \Delta z_2 \end{vmatrix}$$

$$B = \begin{vmatrix} \Delta z_1 & \Delta x_1 \\ \Delta z_2 & \Delta x_2 \end{vmatrix}$$

$$C = \begin{vmatrix} \Delta x_1 & \Delta y_1 \\ \Delta x_2 & \Delta y_2 \end{vmatrix}$$

从上述的数学模型可以得到,要完成对瞄准线角度参数的测量,需要精确地测量头盔上 3 个红外发光二极管的位置。

2 测量实现

双目机器视觉系统是研究和应用比较广泛的一种机器视觉系统,它的适应性强以及在测量过程中的非接触和高精度,决定了双目机器视觉能够完成精确测量头盔上二极管的位置。

在测量过程中,双目机器视觉系统的主要任务是在头盔转动过程中完成对头盔上的特征点位置变化信息的获取和处理,及头盔上 3 个红外发光二极管的三维重建,得到其在飞机坐标系下的坐标,为头部转动角度的解算奠定基础。

2.1 测量原理

双目机器视觉测量特征点坐标的系统结构如图 2 所示。 O_1, O_2 分别为摄像机的坐标系原点, f 为摄像焦距, O_2 至 O_1 距离为 L_y , I_1, I_2 为 P 点的图像, C_1 和 C_2 分别为两个摄像机的投影中心。在飞行员头部前上方左右对称的位置,装置 CCD 摄像机,获取头盔转动过程中特征点位置变化的图像信息。针对 2 台 CCD 摄像机(以不同的角度)获取头盔的图像,通过空间点 D 在 2 幅图像中对应像点之间的几何位置关系重构该点的空间位置。在头盔的转动变化中,不断检测头盔上特征点的位置变化信息,获取特征点的三维坐标。

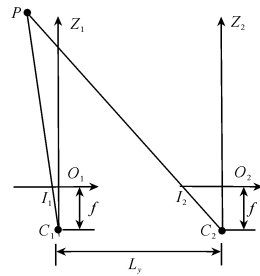


图 2 系统结构

Fig. 2 System structure

2.2 摄像机标定和特征点的三维重建

双目视觉主要是从摄像机获取的图像出发,计算头盔上特征点在飞机坐标系中的三维坐标,并以此为基础来完成瞄准线的解算。在获取的图像上,每个点的亮度反映了空间物体表面某点反射光的强度,而该点在图像上的位置与空间物体表面相应点的几何位置有关。这些位置的相互关系,由摄像机成像的几何模型决定。该几何模型的参数称为摄像机参数(摄像机参数是进行头盔上特征点三维精确定位的必须参数),这些参数由实验与计算来确定,这个过程称为摄像机标定。

一般情况下,摄像机的标定都需要在摄像机前放1个已知形状与尺寸的标定物体来完成摄像机的标定。双目机器视觉系统摄像机的标定可以获取投影矩阵和摄像机的内外参数以及2个摄像机之间的相对位置,这些参数的获取为后面特征点匹配约束条件的建立做好了准备。

摄像机获取图像信息后,首先完成对采集到的图像进行灰度变换、直方图增强及平滑滤波等预处理,净化被噪声污染的图像。接下来是图像分割,主要是实现特征点的检测。图像采集是在自然条件下进行,考虑到图像采集的时间间隔短且采集时间不长,因此可以忽略视场内光线与背景等变化因素的干扰。对于精确性和实时性的要求,头盔上的发光二极管采用红外发光二极管,这样有利于在图像处理时减小处理算法的复杂度和运算量。利用特征点这一特点求得最佳灰度阈值,对结果帧进行分割并二值化。分割后的图像仍有可能含有少量的背景噪声干扰,进一步用形态学方法对其进行去噪,经过先闭后开运算后的图像基本上只留下完整的特征点。

达到高精度三维定位的一个关键前提是特征点特征向量的选取以及高精度立体匹配。提取适当的特征点特征向量以及立体匹配来实现目标的精确定位。特征提取和特征点的匹配是先采用边缘提取算法对图像中所有连通器区域进行边缘提取,再求出各个连通区域的外接矩阵和灰度面积等参数。利用矩形的尺寸和灰度的面积进行匹配。

立体匹配是立体视觉中最重要最困难的步骤,是个不确定^[3]问题。头盔上的特征点投影为二维图像时,头盔上的特征点在不同视点下的图像中会有很大的不同。为了求解,通过增加适当的极线约束条件来减少误差匹配。

根据摄像机标定和点匹配结果,就可以依次完成各个特征点的三维重建。获取特征点坐标后,就

可以解算出瞄准线的方位角与俯仰角。

2.3 系统测量误差源分析

从测量原理上分析,对头盔上特征点测量精度造成影响的主要因素:1)图像处理中噪声影响特征点的定位精度,应该采取相关的图像算法来提高定位精度;2)图像匹配误差,使得特征点的重建产生偏移实际位置,可以加强约束条件和配合相关的匹配算法使匹配率提高;3)CCD摄像机镜头误差和畸变的影响,这种误差可以在系统标定中得到修正;4)双目立体系统中摄像机的位置变化和系统结构的选取不同,以及双目立体系统测量对测量精度^[4]的误差,可以根据测量环境,选取最佳的双目立体系统结构,提高双目系统的测量精度。

3 结 论

本文针对头盔瞄准具中瞄准线参数的测量建立了测量数学模型,结合双目机器视觉的测量方法完成数学模型中参数的解算,并对测量的原理和算法的正确性进行了验证,同时分析了影响系统测量精度的误差源。结果证明,利用双目机器视觉技术可以完成头盔瞄准具中瞄准线参数的测量,可以达到比较高的精度,为头盔瞄准具中头位的测量提供新的测量方法。

参考文献:

- [1] 王永年,梁祝生,孙隆和. 头盔显示/瞄准系统[M]. 北京:国防工业出版社,1994.
- [2] 王海晏,寇英信,隋永华,等. 头盔瞄准具中目标指示线的测量计算方法研究[J]. 红外技术,2004,27(2): 105-108.
- [3] 马颂德,张正友. 计算机视觉-计算理论与算法基础[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [4] 张广军. 机器视觉[M]. 北京:科学出版社,2005.