

一种自动识别运动目标前端的方法

朱明 宋建中

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130021)

摘要 本文介绍一种以视频速率自动识别运动目标前端的方法。通过对目标运动参数的分析和目标脱靶量的修正而得到准确的目标运动轨迹, 再用方向矢量进行搜索和与目标在内存中的地址比较的方法, 找到目标的前端位置。为了实现上述方法, 由 TMS320C25 为 CPU 构成一个实时目标自动识别系统。文章给出了该系统的硬件结构和软件流程。

关键词: 目标自动识别; 运动参数; 实时图像处理; 方向矢量

1 引言

跟踪测量电视系统(简称 TMTV 系统)不仅在常规武器和战略武器的靶场光测设备中已经得到成功的应用, 而且在光电对抗武器系统中也正在得到应用。

光电对抗武器系统的特点之一就是要求高精度、高稳定度地自动跟踪飞行目标的一个指定位置, 以便使武器系统能够对敌方目标施最有效地打击。比如用激光武器杀伤一架进攻的飞机或一枚有未制导的导弹, 最有效的打击部位是飞机的驾驶舱或导弹的头部。因为如果驾驶员的眼睛被损坏, 飞机就会失去控制; 如果装在导弹头部的末制导头被打坏, 导弹也就失去了对攻击方向的控制。所以识别和跟踪飞行目标的前端是光电对抗武器系统给 TMTV 系统提出的一个特殊要求。

本文介绍一种以视频速率自动识别运动目标的前端的方法。

2 原理

一般说, 进攻的目标都是由远而近飞来, 目标被发现、扑获时还离测量系统比较远, 目标像还很小。依靠目标的形状信息来识别其前端比较困难。比较好的办法是通过对目标运动参数进行分析, 准确地找出目标运动的方向, 然后沿着运动方向去找到目标的前端位置。

TMTV 系统是装在经纬仪上对在三维空间运动的目标进行跟踪测量。目标的运动参数是

通过测量经纬仪视轴的运动和测量电视的脱靶量来得到的。

2.1 经纬仪视轴的运动

经纬仪是个二轴光学测角系统，望远镜架在水平轴上可以在高低方向转动，整个水平轴系统又架在绕垂直轴转动的平台上。经纬仪的水平轴和垂直轴都装有高精度的轴角编码器。当经纬仪的视轴跟踪空中的目标运动时，两个轴角编码器就给出了视轴的高低角和方位角，也就是空中目标的粗略的角位置。因为无论编码器的精度多高，跟踪误差是必然存在的，被跟踪的目标不可能始终在视轴上，所以视轴的角位置测得再准也不是目标的真正位置。当经纬仪处于跟踪状态时，被跟踪的目标是在视轴附近按照跟踪误差的规律相对视轴运动。目标偏离视轴的角度叫脱靶量（见图 1）。为了精确测出目标的空间角位置，还必须得测出目标的脱靶量。

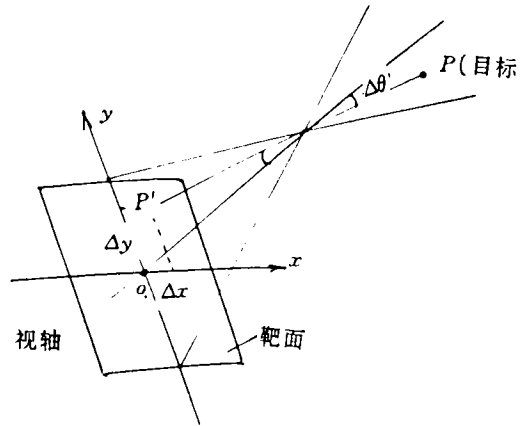


图 1 目标偏离视轴 $\Delta\theta$ 与电视脱靶量 $\Delta x, \Delta y$ 的关系示意图

2.2 脱靶量测量

为了测量目标的脱靶量，人们曾研制出了电影经纬仪，把目标在视场中的运动情况拍成底片，事后通过判读仪来判读目标的脱靶量。现在电视跟踪技术已经相当成熟，实时测量电视系统已经开始取代电影摄影和事后判读。

在测量电视系统中，用电视摄像机代替了电影摄影机，视场中的目标和背景通过光学系统成像在电视摄像机的靶面上。这个光学图像是一个在靶面上随时间 t 和波长 λ 变化的光强分布，它可以表示为 $F(x, y, t, \lambda)$ 。由于电视摄像机的光电转换特性和光栅式扫描的原理，该光学图像被转换成按时间顺序传送的电信号 $f(t)$ ，并与同步、消隐信号混合成全视频信号由电视摄像机输出。在全视频信号中，只有消隐脉冲的正程期间才有图像信息，所以测量电视的有效视场对应着消隐脉冲的正程。若在靶面上以靶面中心 o 点为原点，建立一个直角坐标系 $(x - y)$ ，并使 o 点与电视光学系统的视轴重合，那么目标在三维空间的角位置就与它的像点在 $x - y$ 平面上的位置相对应（见图 1），而像点在靶面上的位置又可以由目标信号与消隐脉冲的时间关系求得（见图 2），这就是电视测量的基本原理。设目标像点在靶面上的偏差为 $\Delta x, \Delta y$ ，那么目标偏离视轴的角度 $\Delta\theta$ 可由下式求得：

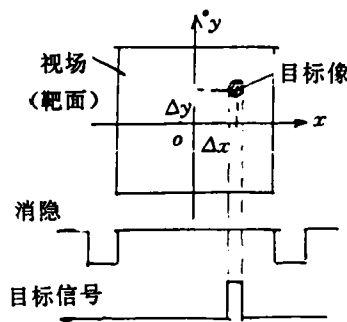


图 2 电视测量原理示意图

$$\Delta\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}}{f}\right) \tag{1}$$

式中 f 是光学系统焦距。

2.3 测量数据的修正

将轴角编码器数据 θ 和电视脱靶量 $\Delta\theta$ 合在一起就得到了目标在空间的真正角位置。但是由于种种原因,测量总是存在误差。如果目标在三维空间运动的轨迹是用 $f(\omega)$ 表示的一条曲线,那么测量值 y_i 将随机分布在曲线的两侧。如果简单地用前场数据和本场数据之差来计算目标运动的方向,结果将使算出的运动方向带有较大随机误差(见图3所示),由此找到的目标前端位置也会不断变动,造成跟踪点晃动。所以测量的数据必须要平滑并根据前几场的数据,考虑到速度和加速度的变化,外推出当场的目标位置和运动方向。

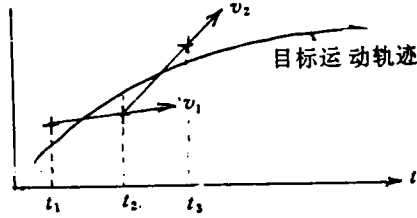


图3 简单地用两场位置数据求速度方向的误差示意图

2.4 目标前端位置的获得

图像数据是按照电视扫描的顺序以二维整数矩阵的形式被存在计算机的内存中。内存的每个单元存放一处像元的灰度值。一幅 256×256 像元的数字图像在内存占 64k.字空间,其排列形式如图4所示。所以,目标的形状和它在视场中的位置以及运动状态都可以从分析内存中的数据而得到。

在内存中的直角坐标是以左上角为原点。目标像的重心位置和运动方向都是以内存坐标计算,然后再平移到靶面坐标系(以视场中心为原点的直角坐标系)。

设目标像的重心位置为 (x_c, y_c) , 运动方向由矢量 \vec{V} 的方向表示。(见图4)。矢量 \vec{V} 在 x, y 两个方向的投影 V_x, V_y 和重心位置都是在当场测得的。为了获得目标前端的位置,以重心为起点沿着 \vec{V} 的方向找到目标像的边缘就可以了。但实际上直接计算 \vec{V} 的方向来实现对目标前端的搜索,在精度上和速度上都不如用方向矢量进行搜索的方法好。

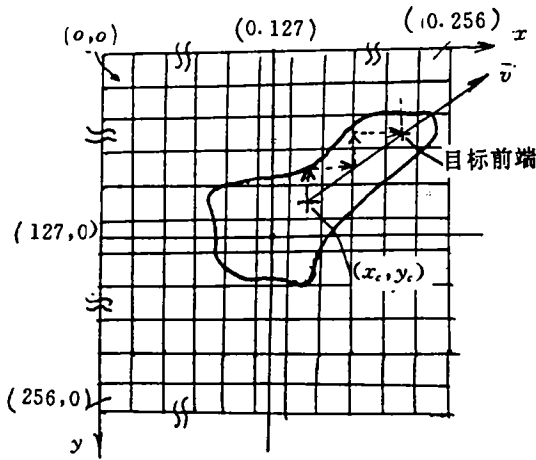


图4 内存中的数字图像和座标以及方向矢量搜索示意图

方向矢量是在 x, y 方向上的单位矢量,其长度为1个像元大小。搜索目标前端的过程如下。

如果 $V_x > V_y$, 以目标像点重心位置 (x_c, y_c) 为起点,先在 y 方向前进一个单位矢量,然后沿 x 方向找到与矢量 \vec{V} 相交的位置,得到交点1,并判断交点1在内存的地址是否在目标像所复盖的地址范围内。如果是,就以交点1的位置为新的起点,继续在 y 方向再前进一个单位矢量,再沿 x 方向找到与矢量 \vec{V} 的第二个交点,判断交点2是否在目标区内...重复上述步骤直到交点位置超出了目标区,从而得到目标的前端位置。

如果 $V_x < V_y$, 搜索步骤同上,只是先在 x 方向前进一个单位矢量,然后沿 y 方向找与 \vec{V} 的交点。原因是当 $V_x > V_y$ 时,如果先在 y 方向前进一个单位矢量,则沿着 x 方向前进不

到 1 个像元就与矢量 \vec{V} 相交了,这对以 1 个像元为最小单位的数字图像处理来说是应避免的。

如上所述,不用计算运动方向与座标轴的夹角,只要逐步搜索、比较,就可以在当场找到目标的前端位置,保证对快速运动目标的精密跟踪。

3 实时目标识别系统

为了研究自动识别目标问题,我们研制了一个实时图像处理系统,它可以装在经纬仪上进行电视跟踪和测量。

3.1 系统的构成

采用 TMS320C25 做 CPU 构成的实时图像处理系统硬件框图如图 5 所示。

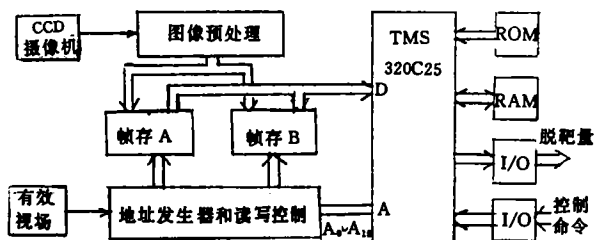


图 5 实时图像处理系统硬件框图

CCD 摄像机做图像传感器,它把目标的光学图像变成全视频信号送给图像予处理单元。图像予处理包括图像二值化和目标信号的提取。A、B 两个帧存贮器及读写控制电路组成实时图像采集存贮电路。帧存 A 在采集存贮图像数据时,帧存 B 的读写控制和地址线都由 TMS320C25 控制,成为 TMS320C25 直接控制的数据存贮器。TMS320C25 按程序对帧存 B 进行操作,完成多种跟踪算法。在下一场图像数据到来之前,帧存 B 变成实时采集存贮图像数据,它的读写控制和地址线都由地址发生器控制,而 TMS320C25 转向控制帧存 A。这样,A、B 两个帧存贮器交替工作,既可以省去采集图像的等待时间,又解决了读写的矛盾。有效视场的大小决定帧存贮器的存贮容量,并且给出测量的起止点。它是本系统的一个时间基准发生器。一般有效视场的大小取为 2^n 。当采用 5MHz 时钟采集图像时,有效视场大小可取为 2^8 ,即 256×256 像元,要求帧存空间为 64 K 字节。

CPU 为 TMS320C25,它是单片高速数字信号处理器。它采用哈佛结构,允许程序存贮器和数据存贮器放在两个独立空间,允许取指令和执行指令重叠运行。指令周期为 100ns,64 K 字的程序空间和 64 K 字的数据空间,片内 544 字数据 RAM,8 个有专用算术运算单元的辅助寄存器,允许数据/程序的块传送等等优点。

由于 TMS320C25 的直接寻址范围达到 64 K 字,所以它很容易实现对 256×256 像元的图像的整幅图像处理。正因为如此,TMS320C25 很适合实时图像处理,它使跟踪测量电视系统实现了升级换代。

系统采用 2764EPROIM 作程序存储器,降低成本,方便编程。但需要插入等待状态,降低了系统的速度,不能充分利用 TMS320C25 的功能,所以采用高速 RAM 作程序运行区。系统上电复位时,固化的程序从低速的 EPROM 中(地址为 H0000—H1FFF)被移到高速 RAM 中(地址为 H2000—H3FFF)。然后程序在高速 RAM 中全速运行。

I/O 接口电路完成控制命令的读入,状态的显示、脱靶量及目标特性的输出。

3.2 软件构成

实时目标识别系统的软件是用 TMS320C25 的指令和汇编语言编写的,软件的功能包括目标重心的计算,全视场自动扑获目标,根据目标的脱靶量、编码器值计算目标运动轨迹和运动的方向以及寻找目标前端的位置等。有关寻找目标前端的软件流程图如图 6 所示。

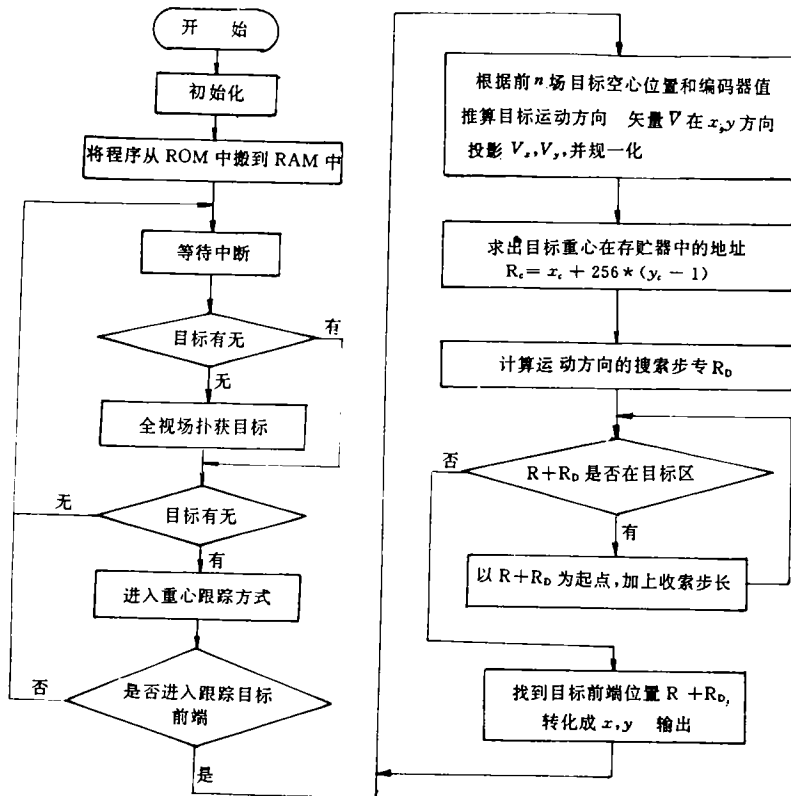


图 6 寻找目标前端的软件流程图

4 结束语

本文所介绍的方法能以视频速率自动识别运动目标的前端。它通过对目标运动参数的分析和对测得的目标空间角位置数据平滑处理, 予测出比较准确的目标运动方向, 然后用方向矢量进行搜索和与目标数据在内存中的地址相比较的方法寻找目标的前端位置。

这种方法编程方便、速度快、识别的前端位置准确。适用于光电对抗武器系统对来袭的

飞机或导弹的精密跟瞄和有效打击。

由 TMS320C25 为 CPU 构成的实时目标识别系统实际上是一个多功能的实时图像处理系统，它能对 256×256 像元的整幅图像实时处理，适用于任何场合的跟踪测量电视系统。

本文所介绍的实时目标识别方法和实时目标识别系统为提高跟瞄系统的跟踪精度和光电对抗武器系统的效能，提供了一种有效的方法和手段。

参 考 文 献

- [1] 宋建中, 王毅, 魏忠和, 电视跟踪. 全国仪器仪表会议论文, 1979
- [2] A. Gilbert et al., A real-Time Video tracking system. IEEE Trans. On PAMI, 1980, 2: 47-56
- [3] D. casasent, Electro optic target detection and object recognition. SPIE, 1987, 762
- [4] 宋建中, 节洪魁, 用于电视跟踪的微型图像处理系统. 第一次全国实时图像处理学术研讨会, 1988

An Automatic Method Recognizing the Front End of Moving Object

Zhu Ming, Song Jianzhong

*(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences,
Changchun130022)*

Abstract

An automatic method recognizing the front end of a moving object at a speed of video frequency is described in this paper. After analyzing the motion parameters of the object and correcting the quantity of missing target of the object, the precise moving direction of the object is obtained. Then using a oriented vector and object's address in memory the location of the front end of the object along the moving direction is searched for a system of automatic recognizing object composed of a TMS320C25 as a CPU has used to realize this method. The hardware structure and software flow chart is also given in this paper.

Key words: Motion parameters, Oriented vector, Real-time image processing, Automatic recognizing object