

电视跟踪器中形心处理器的设计与实施

张渤琳

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130021)

摘要 本文主要叙述了电视跟踪器中形心处理器的工作原理、设计与实施。在获得目标的二值图后, 利用 TMS320 系列数字信号处理器做核心处理器, 采用形心算法, 以实时的速率将目标的位置与尺寸计算出来, 并输出跟踪用窗口大小与位置数据, 目标方位、俯仰方向的跟踪误差。

关键词: 电视跟踪器; 形心处理器; 数字信号处理器

1 引言

电视跟踪技术已经在火箭、卫星发射的轨迹跟踪、星体跟踪、导弹的末端制导、火控系统对目标的自动跟踪、工业自动化生产监视以及医学、气象等广范的领域中得到应用。在许多类型的电视跟踪器中所采用的方法主要有亮点跟踪、边缘跟踪、形心跟踪、相关跟踪等。经试验已经证实, 在目标为均匀背景下的亮点时采用亮点跟踪既简单又易实现。对于复杂背景中的目标和大型目标采用相关方式比较适合。而对于较均匀的背景例如蓝天、沙漠中的目标形心方式很适用。这种方法可准确地跟踪目标的形状中心, 跟踪精度高, 处理方法虽比点方式复杂些, 但比起相关处理要省时得多。为了减少运算量, 许多算法都是在对目标进行二值化处理之后进行的, 本文所讨论的系统就是采用形心算法的电视跟踪器。

2 概述

电视跟踪器做为系统自动跟踪的实时跟踪头, 所需各部份的框图如图一所示:

目标经摄像机摄取后输出模拟的视频图像, 经 A/D 变换器变换成数字图像。为了达到跟踪目标形心的目的, 电视跟踪器不仅需要跟踪窗为系统提供采样区域, 视频处理器对目标进行二值化处理, 而且还需要形心处理器对视频处理后输出的二值图中的目标进行几何尺寸、形状中心的计算, 跟踪误差的计算及输出。

形心处理器由软件和硬件两部分构成。硬件部分主要由投影存储器、形心运算器、I/O 适配器三部分电路组成, 如图二所示。软件部分为机上所采用微处理器的汇编语言编制的有关

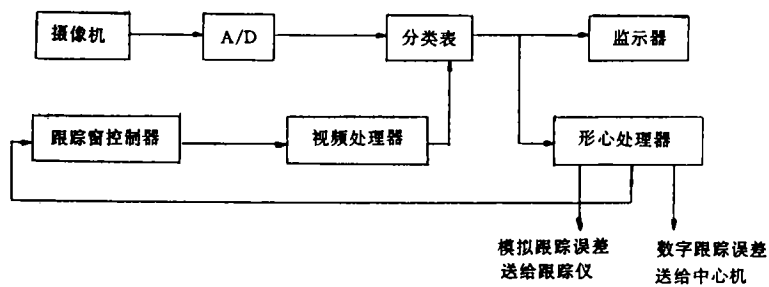


图1 形心电视跟踪器框图

运算程序。投影处理的结果是实时的输出三组数据，一组是根据目标尺寸大小计算出来的控制跟踪窗大小与位置的数据和选通信号，送给跟踪窗控制器，每场都根据目标运动的情况相应的更新这组数据，以达到跟踪目标形心的要求，即为跟踪窗加上智能。第二组数据是目标的方位和俯仰方向的跟踪误差，实时的送给跟踪仪或其它外部设备的伺服系统，以便伺服系统根据跟踪误差来跟踪目标的形心，从而实现电视自动跟踪。第三组数据为串行和并行数字式跟踪误差以及一些应答信号，送给主系统的中心计算机，用来对整个系统进行控制或事后分析。

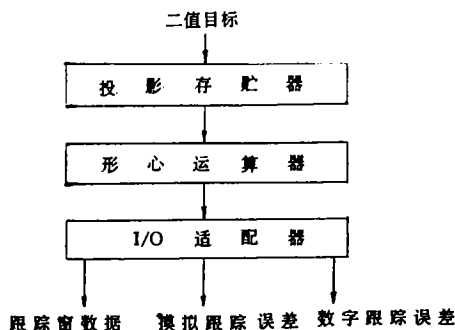


图2 形心处理器框图

3 投影原理

形心处理器采用了对目标进行二维投影的方法来计算目标的几何尺寸和形状中心^[1]。设置两个沿电视行(x)和列(y)方向对二值目标进行累计存储的存储器,我们把它称为投影存储器。投影存储器中存储的是目标 x 方向和 y 方向的投影数据,即目标所在每行或每列位置上像素点为“1”的个数。如图三所示, y 方向投影曲线上的某一点意义是在某

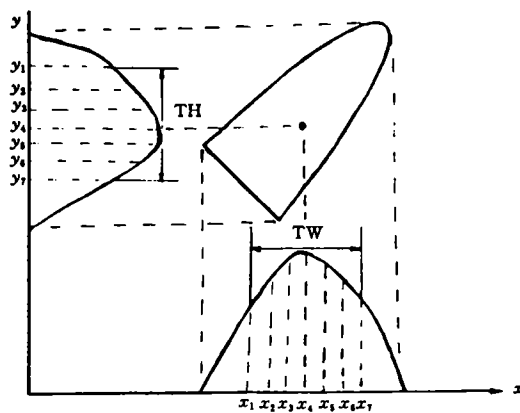


图3 投影原理示意图

一行上的二值目标像元的累计个数。而 y 方向投影曲线与 y 轴所围的面积与二值目标的面积有如下关系：

投影面积 = KX (二值目标面积)，

K 为座标尺的比例。

从图 3 上我们可以看出， $y_1 - y_7$ 中的任何一条面积分割横线对投影面积的分割比例等于二值目标面积的分割比例。我们利用 $y_1 - y_7$ 这七根横线把投影面积 (也就是二值目标的面积) 平均分成八份，显然 y_4 是中线， y_1 和 y_7 是目标的上、下边缘。 x 方向的投影与 y 方向的投影相同，只不过是用七根竖线 $x_1 - x_7$ 把投影面积平均分成八等份，显然这里 x_4 是中线， x_1 和 x_7 是目标的左、右边缘。

我们用 x 方向的中心线 x_4 与 y 方向的中心线 y_4 的交点画一个中心点，这个点就是二值目标的几何中心，也就是我们要求的形心。有了形心的位置我们就可以计算出目标的跟踪误差。有了目标的上下、左右边缘便定义了目标的几何尺寸，也就可以计算出跟踪窗的大小和位置。所有的软件、硬件都是根据这个投影原理设计的。

4 系统的设计

由于形心电视跟踪器作为跟踪仪器的实时跟踪头，所以要求它能够按总体规定的时序实时的将目标提取出来，将目标的跟踪误差等数据测量计算出来。一般来说图像信息具有巨大的信息量，因此数据的输入和处理时间对联机处理便成为了大问题。我们这里采用的时统是场频 40 周，即场周期 25ms。场逆程时间定为 2.62ms，这就要求形心处理器具有按视频速率存取、控制、运算、输出的能力，它所采用软件、硬件要能够到场正程完成按行的频率和列 (像素) 的频率分别对行投影存储器中的 256×8 、列投影存储器中的 256×8 个数据进行存储，场逆程期间完成将上述数据送给形心运算器处理。形心运算器接到数据后应以尽快的速度完成形心处理，并将处理出来的结果输出出去。

鉴于上述要求。对采用什么样的处理器来完成形心处理是设计过程中关键的问题之一。由于采用二值化处理后的投影大大的压缩了信息量，经过核算形心运算所需输入/输出的数据大约为：

列方向投影数据	256×8	输入
行方向投影数据	256×8	输入
状态字等数据	8×8	输入
跟踪窗数据	6×8	输出
跟踪误差数据	4×8	输出

形心处理器必须在电视的场逆程 (2.62ms) 期间内将上述大约 530×8 个数据从投影存储器中取出来，输进形心处理器，也就是说场逆程必须把投影存储器倒空，不然场正程一到原有的数据就会被新的一场的的数据所冲掉。ZILOC 公司的 Z-8000 机器有着与其它机器不同输入/输出指令，它的成组输入/输出指令 [2]，一条指令既可完成数据的输入或输出，又可以进行循环结束否的判断，没有结束循环数自动减 1。它的指令周期为 $11 + 10n$ ，这里 n 为循环

次数。这样在主频为 4MHz, 时钟周期为 250ns 的条件下完成对投影数据的取数动作只需要:

$$250 \times (11 + 10 \times 530) = 1.33\text{ms}$$

满足了场逆程将投影存储器倒空的要求。数据收到后马上进行形心运算, 那么在一场时间内完成了形心处理的全部运算, 实现了实时处理。而且采用带有简易键盘的单板机系统还可随时修改程序, 给调试和整机联调修改参数带来了方便。但是由于它完成投影处理需要一场时间, 所以它有一场的时间滞后。当然 MOTOROLA 公司的 680 \times \times 和 INTEL 公司的 80 \times 86 处理器系列也具有相当的处理能力, 但它们配置起来较为复杂。

随着国内市场的开放, 我国使用了美国 TEXAS 仪器公司的 TMS320 系列的数字信号处理器芯片^[3]。这种 16/32 位单片式微计算机把高速控制的灵活性和阵列处理器的能力结合起来, 为范围广泛的高速控制和需要很强数据运算的应用领域提供了一个廉价的、比多个位片更为可取的处理器。我们采用了 TMS32010 数字信号处理器来做形心处理器, 便解决了滞后一场的问题。TMS32010 的主要特点是:

- 200ns 的指令周期
- 16 位的指令/数据字
- 32 位的 ALU/累加器
- 16 位的硬件乘法器

采用这种芯片构成的形心处理器的主要特点是具有两组分开的总线, 一组为处理器控制程序和它的数据, 另一组为跟踪器投影的操作和控制。这两组分开的总线允许使用分别的存储器即处理器的控制程序存储器和投影存储器。由于采用了能力极强的 TMS320 处理器使先前致力于硬件执行的工作可以改为用软件来执行, 例如图像中目标总数的累计、噪声的滤除等, 并使投影处理的全过程在本场的场逆程期间就完成了, 比采用 Z-8000 少用了一场时间。为系统节省了一场时间, 消除了这部分电路给系统带来的滞后, 从而提高了整个跟踪仪系统的实时跟踪速度与精度。确立了这一应用的成功之处。

在形心处理器的设计过程中所遵循的原则是, 软件能实现的用软件来完成, 软件实现太费时的用硬件来配合。程序力求简洁, 在时间允许的情况下功能尽量齐全。这样在除了完成正常的形心处理外, 为适应点跟踪的方式形心处理器还要判断目标的点数, 当目标的点数少于一个预先选取的固定值时, 自动转入点跟踪处理程序。由于这时目标的点数已经很少了, 所以就不能再象形心投影运算那样去计算投影面积的八分点, 而是取目标投影面积的二分点。为了达到理想的 1 个点的目标也能跟踪的状态, 人为的将目标的总个数加 1, 然后再求出二等分点所在视场行、列的位置, 即点目标的形心位置。这时采用的是固定大小的跟踪窗口。当目标的点数大于一个预先选取好的固定值时, 程序可将跟踪状态自动转回形心跟踪处理方式。

长期以来, 跟踪仪器由手动跟踪转换为自动跟踪, 在转换过程中由于目标运动的速度以及系统过冲等因素, 往往会造成目标丢失。为了解决这个问题, 形心处理器经过必要的接口电路完成了与跟踪仪器的应答联络, 并与伺服系统配合实现了电视自动跟踪与单杆操作状态间的平滑转换。这个过程是由操作手或其它引导设备将目标引入电视视场后, 形心处理器立刻给出电视跟踪误差有效的信号, 中心计算机收到此信号后, 在转入电视跟踪方式的同时, 还回送给电视投影处理器一个转入电视跟踪方式的信号, 形心处理器将收到电视转入信号时所对应扫描场的形心位置记忆下来, 作为一个临时的零点(随机的零点)。然后在数秒时间内逐渐将目标拉入视场中心。由于应用了这一技术, 成功的解决了转换困难的问题, 使转换过程

变得平稳、柔和、可靠，操作手可以在毫无心理压力的状态下稳妥地转入电视自动跟踪方式。

在跟踪过程中，由于太阳高角、目标姿态、背景亮度等因素的变化，以及各种电磁干扰会给系统带来各种噪声。为了能够获得被跟踪目标与噪声分离的二值图，需要有活动的跟踪窗即窗的大小、位置必须实时的随目标而改变，使之尽量仅包括想要跟踪的目标，因为窗外的数据不参予视频处理和运算，从而起到空间滤波的作用。因此形心处理器中还装设了用于不同情况下实时的输出稳定的跟踪窗以及进行噪声滤波的一些程序。实际工作中还要求系统有更先进的功能，例如要求电视跟踪器能够连续的跟踪目标，即使在短时间内所跟踪的目标丢失也要有寻找跟踪目标位置的能力。这种情况典型的发生在一个正跟踪的空间运动目标通过薄云层或单个云团时，目标被云暂时模糊或遮盖了，这会来自摄像机的视频图像中无目标信号。这时形心处理器中所具有的保持功能发挥作用，使系统按照先前所跟目标的位置、运动方向和速度去估计新的跟踪数据，待目标在预计的方位出现时继续跟踪。

5 形心处理器的结构

基于投影原理，形心处理器中投影存储器的构成如图 4 所示。投影存储器由 x 方向投影存储器和 y 方向投影存储器两部分组成，负责将二值目标中目标“1”的个数按投影原理沿电视的行或列的方向累计并存储起来，并在适当的时刻输出给形心运算器。

投影存储器的工作时序是按电视的场频每场的正程累计存储数据，即写数据。场的逆程把数据送给形心运算器，即读数据，然后清零以备下场存取新的数据。

形心运算是整个形心处理器的核心部分。它由数字信号处理器 TMS32010 及其外围芯片组成，负责将投影存储器输出的数据按上述投影原理以实时的速度进行形心运算，然后输出跟踪窗，跟踪误差等数据。

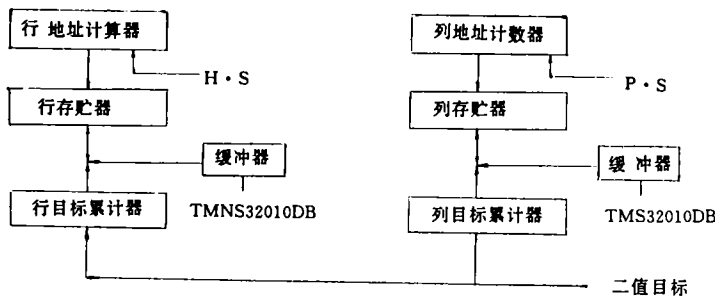


图 4 投影存储器框图

所输出的跟踪窗数据是根据目标投影的大小（长、宽）与位置计算出来的，将其送给跟踪窗控制器，以产生位置、大小和长宽比均可变化的自动跟踪窗，达到跟踪目标形心，减少背景干扰的要求。

所输出的跟踪误差数据是根据目标的形状中心与跟踪系统的视轴中心在垂直（俯仰）方向和水平（方位）方向的距离计算出来的。一路经 I/O 适配器中的 D/A 变换器送至经纬仪伺服系统以驱动仪器自动跟踪目标。另一路按主系统要求的时序和速率，以数字的形式按串行

和并行两种方式输出, 作为电视系统的跟踪误差送至主系统的中心计算机, 以便中心计算机指挥控制跟踪仪是否转入电视自动跟踪工作状态。工作过程中数据可实时屏幕显示, 数据存盘后还可打印阅读、事后分析。

I/O 适配器负责将形心运算所需数据送入形心运算器, 再将形心运算器求出的结果以外部设备能够接受的形式输出出去, 它是整个形心电视跟踪器与跟踪仪主系统、中心计算机、以及其它外部设备的接口。其中包括模拟跟踪误差输出用的 D/A 变换器及其放大电路, 窗数据选通控制电路, 串、并行数字跟踪误差输出用驱动、控制等电路。

形心运算的程序是以 TMS32010 机上采用的汇编语言编制而成的。它以机器码的形式写入程序存储器, 以提高运算速度, 实现实时处理。

6 结 论

本文讨论了电视跟踪器中形心处理器的设计过程和一些所需考虑的问题, 给出了采用 TMS320 系统数字信号处理器解决数据采集、处理时间、增强功能方面的途径和方法。

在对投影面积的分割时, 还应当考虑根据目标的大小适当调整分割份数, 以确保系统的跟踪精度。

参 考 文 献

- [1] 实时视频跟踪方案. 国外测控技术, 1980, (3)
- [2] Z8000™CPU Technical Manual. Zilog Inc., 1983
- [3] TMS32010 User's Guide. Digital Signal Processor Products, Texas Instruments, 1983
- [4] 应用电视图像处理技术译文集. 电子工业部电视情报网, 1988
- [5] 毕厚杰等, 电视跟踪系统中数字相关器的研究. 南京邮电学院学报, 1983, (1): 27-44

Design and Implement of Shape Center Processor Used in a TV Tracker

Zhang Bolin

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Changchun130021)

Abstract

This article mainly describes the working principle, design and implement of shape center processor used in a TV tracker. Using a binary image, a high speed TMS320 series digital signal processor and a shape center algorithms, the object's position and dimension is computed in real-time. Meantime the dimension and position of a tracking window, the deviation of the object measured in horizontal and vertical direction are outputed.

Key Words: TV tracker, Shape center processor, Digital signal processor