

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0215-03

激光成像雷达跟踪实验研究

王 骥, 孙剑峰, 李 琦, 陆 威, 周 来, 尚铁梁, 田兆硕

(哈尔滨工业大学电子技术研究所, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要 提出一种基于数字信号处理器(DSP)的激光成像雷达的跟踪控制方法,利用自行设计的数字图像处理板和随动部件,采用形心跟踪算法,由数字信号处理器和 CPLD(complex programmable logic device)给出控制信号。实验结果显示,此方法较好地完成了激光成像雷达的跟踪演示实验。

关键词 激光成像雷达; 数字信号处理器; 形心跟踪

中图分类号 TN958.98

文献标识码 A

Study on Tracking Experiment of Imaging Laser Radar Based on DSP

WANG Qi, SUN Jian-feng, LI Qi, LU Wei, ZHOU Lai, SHANG Tie-liang, TIAN Zhao-shuo

(Institute of Opto-Electronic, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang 200240, China)

Abstract In this paper, a tracking method of imaging laser radar that is based on DSP is implemented. By using designed digital image processing circuit board and server components, adopting centroid tracking algorithm, control signal output by DSP and complex programmable logic device (CPLD). The result indicates that tracking experiment of imaging laser radar is finished well.

Key words laser imaging radar; DSP; centroid tracking

1 引言

激光成像雷达是从 20 世纪 70 年代开始研究和应用的^[1-3],由于它能成强度像和距离像,有较高的空间分辨率和易于识别等优点,因而得到众多发达国家的高度重视。跟踪系统是激光成像雷达系统的重要组成部分,它提取每帧目标的角偏差信号,并以此控制随动系统,使激光光束始终对准目标的跟踪点。本文开展的跟踪实验研究是在本课题组激光成像雷达装置上完成的。我们自行设计和调试了数字图像处理板,设计了随动系统的结构,并把它们组装成跟踪系统。采用了最为简单的形心跟踪算法,实现了激光成像雷达的跟踪功能。

2 系统组成框图

图 1 给出了成像跟踪系统组成框图。跟踪系统分为两部分:图像处理和随动部分。图像处理主要包括数字信号处理器 (DSP)、双口随机存储器 (RAM)、闪存 (FLASH) 和 CPLD,其功能是从背景中提取目标信息,计算出跟踪点的角偏差信号,并输出步进电机所需的控制信号。随动系统主要包括步

电机、驱动器和转台,其功能是按照控制命令,调整转台使光束瞄准跟踪点。

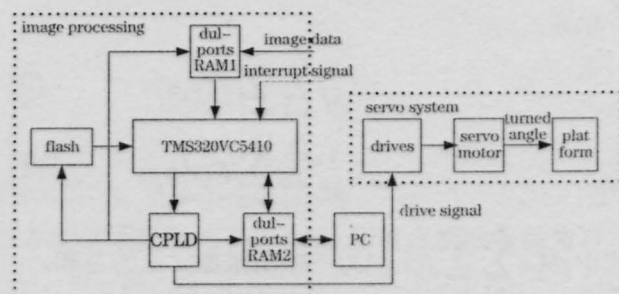


图 1 成像跟踪系统组成框图

Fig.1 Chart of image tracking system

系统启动后,DSP 会到 FLASH 的指定位置读取固化在其内的跟踪程序。当 DSP 接收到读数据的中断信号后,会到 RAM1 中读取一帧图像数据,进行形心运算,一方面是把得出的目标形心点和视场中心的角偏差信息和控制方向信息通过 CPLD 送入到随动部分的输入端,以此来控制步进电机转动的步数和方向,步进电机又会带动转镜,最终使光束对准目标的跟踪点。另一方面是把结果数据输出到

RAM2,在 PC 机上显示实时图像。

3 跟踪算法

激光成像雷达成像视场角较小,这就要求跟踪算法有较高的灵敏性,能够快速抓住目标的跟踪点;激光雷达图像的信噪比较高,所以采用形心跟踪算法较为合适。

形心算法主要是计算目标物体的几何中心,以确定目标物体的跟踪点^[4]。当目标姿态变化时,这个点的位置变动较小;而且形心算法抗杂波干扰能力强,实现起来简单。

图像分割阈值 T 定义为:

$$T = k \frac{\sum_{y=1}^{N_2} \sum_{x=1}^{N_1} f(x,y)}{N_1 \times N_2} \quad (1)$$

式中, $f(x,y)$ 为分割前的像素值; x 为行数,其最大值为 N_1 , y 为列数,其最大值为 N_2 ; k 为自定系数,根据目标特性,通过实验确定最佳值。

每帧阈值确定以后,则有

$$F(x,y) = \begin{cases} 0 & f(x,y) \leq T \\ 1 & f(x,y) > T \end{cases} \quad (2)$$

式中, $F(x,y)$ 为分割后的像素值,背景像素值为 0,目标像素值为 1。

形成了二值图像以后,就可以确定出目标的形心位置

$$\bar{x} = \frac{1}{M} \sum_{y=1}^{N_2} \sum_{x=1}^{N_1} F(x,y)x \quad (3)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{M} \sum_{y=1}^{N_2} \sum_{x=1}^{N_1} F(x,y)y \quad (4)$$

式中, $M = \sum_{y=1}^{N_2} \sum_{x=1}^{N_1} f(x,y)$ 为一帧图像像素值的总和。

设视场中心位置为 x', y' , 则目标跟踪点和视场中心的偏差量为

$$\Delta x = \bar{x} - x', \quad \Delta y = \bar{y} - y' \quad (5)$$

利用 $\Delta x, \Delta y$ 的正负性来控制步进电机的转动

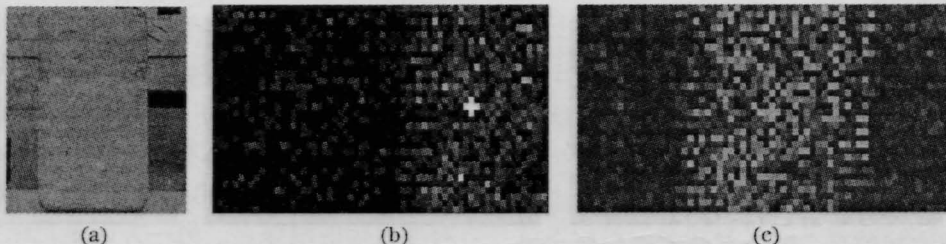


图3 室内跟踪实验。(a) 目标照片; (b) 跟踪起始状态; (c) 跟踪终止状态

Fig.3 Indoor tracking experiment. (a) Target photo; (b) Original state of tracking; (c) Terminal state of tracking

方向。这样,激光光束主轴就会对准每帧目标的形心跟踪点。

4 跟踪实验

为了验证激光成像雷达的跟踪效果,本文先进行室内跟踪实验,并在此基础上进行外场跟踪实验。室内目标是一长方形泡沫板,距离激光雷达 1.9 m;外场实验目标是距离激光雷达较远的秋林商厦。

本文的实验过程是:调整好光路使激光成像雷达对准目标,并使目标偏离视场中心。启动随动系统,根据图像处理系统给出的控制命令信号,步进电机带动转台,把目标调整到视场中心。

图 2 是实验装置图。其中,平面镜 1 是控制俯仰方向的光路,平面镜 2 控制水平方向的光路。本文只研究一维水平方向的跟踪,所以,平面镜 1 不动,随动部分控制平面镜 2 作水平运动。 α 是平面镜 2 转过的角度,也是目标与视场中心的偏差角度。该激光雷达是收发合置的,其中 OA 表示跟踪前激光的主光轴, OB 表示跟踪后激光的主光轴。

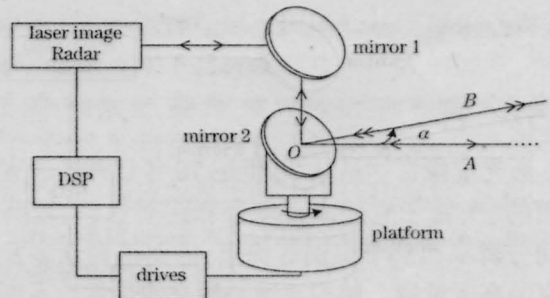


图2 实验装置图

Fig.2 Chart of the experiment instrument

室内跟踪实验过程如图 3 所示。(a)是目标的原始照片,(b)是目标偏离视场中心时的状态,(c)是通过转动平面镜 2 使目标处在视场中心时的状态。图中十字叉是目标当前帧的形心点。

激光成像雷达外场跟踪过程如图 4 所示。其中,

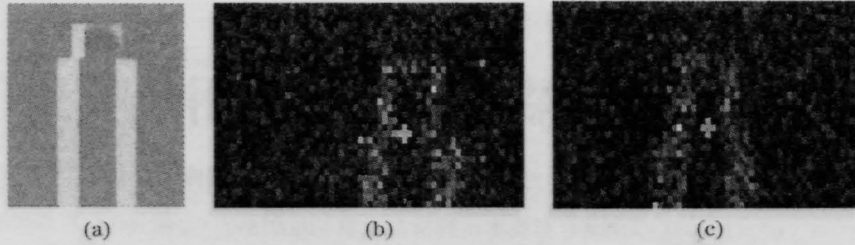


图4 外场跟踪实验。(a) 目标照片; (b) 跟踪起始状态; (c) 跟踪终止状态

Fig.4 Outdoor tracking experiment. (a) Target photo; (b) Original state of tracking; (c) Terminal state of tracking

(a)是秋林商厦的照片,雷达图像是秋林商厦的上部分;(b)是目标偏离视场中心时的状态;(c)是把目标调整到视场中心时的状态。图中十字叉是当前帧目标的形心跟踪点。

5 结束语

在自主开发的跟踪系统基础上,初步完成了激光成像雷达的跟踪演示实验。整个激光成像雷达跟踪的主框架已经搭建起来,随着研究内容的深入,可以逐渐丰富跟踪算法。

参 考 文 献

- 1 M. B. Mark, J. H. Shapiro. Multipixel, multidimensional laser radar system performance [C]. *SPIE*, 1987, **783**: 109-122
 - 2 R. H. Enders, J. H. Shapiro. Laser radar tracking theory [C]. *SPIE*, 1988, **999**: 192-207
 - 3 J. W. Grantham, E. C. Meidunas. Laser radar in adverse weather [C]. *SPIE*, 1998, **3380**: 303-314
 - 4 Yu Qianyang, Huang lianqing, Liu Xu *et al.* Centroid measurement and tracking TV system [J]. *Optics and Precision Engineering*, 1995, **3**(5):38-43
- 于前洋,黄廉卿,刘 洵 等.形心测量跟踪电视系统[J]. *光学精密工程*,1995, **3**(5): 38-43