

· 仿真与评估 ·

对红外成像设备扫描周期测算方法的仿真分析

王守辉¹, 王 东¹, 魏蓝蓝¹, 张士勇²

(1. 东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000, 2. 国家电网盐城大丰供电公司, 江苏 盐城 224100)

摘 要: 利用仿真分析连续激光探测和脉冲激光探测的回波情况, 对仿真的扫描体制红外成像设备的回波信号进行数据分析, 论述了利用脉冲探测体制回波信号测算扫描周期的方法, 对信号处理算法进行了阐述, 探讨了解算扫描周期所存在的误差, 并深入分析了扫描周期解算过程中的实时校正等问题。

关键词: 红外成像; 周期测算; 扫描周期

中图分类号: TP312

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)05-0070-03

Emulating Analysis of Calculating Methodology for Scanning Period of Infrared Imaging Instrument

WANG Shou-hui¹, WANG Dong¹, WEI Lan-lan¹, ZHANG Shi-yong²

(1. Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China;

2. State Grid Yancheng Dafeng Electric Power Supply Company, Yancheng 224100, China)

Abstract: The emulated echo signals of scanning infrared imaging instrument were analyzed by emulating methodology under the circumstances of continuous laser detection and pulsed laser detection respectively. The method for calculating scanning period by utilizing echo signals of pulsed laser detection was dissertated, and the signal process arithmetic was expatiated adequately. Both the error and real-time adjustment existed in the calculating scanning period were deeply analyzed.

Key words: infrared imaging; period calculate; scanning period

红外探测器件的工作方式包括凝视型和扫描型二种. 激光探测中需要获得扫描体制红外探测器件的扫描周期, 为获得扫描周期的解算算法, 利用仿真的方式建立数学模型, 通过对模型的仿真分析得到扫描周期的解算方法。

1 信号回波分析

在光学视场覆盖目标的情况下, 对激光的反射存在“猫眼效应”, 即反射能量远大于漫反射激光能量. 探测目标回波的方法有 2 种: (1) 采用连续激光照射获取回波; (2) 采用脉冲激光照射获取回波. 要实现红外扫描周期的解算, 首先仿真探测回波信号,

把扫描体制的红外热像仪参数录入 MATLAB 软件, 生成函数 1, 仿真扫描体制红外成像设备的扫描周期; 把激光器的参数录入 MATLAB 软件, 生成函数 2, 仿真激光的发射状态. 通过 MATLAB 仿真得到目标的回波信号, 图 1 和图 2 分别是采用连续激光和脉冲激光仿真得到的回波信号。

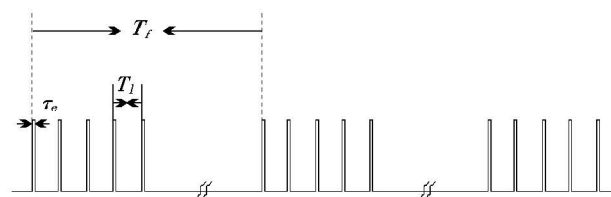


图 1 连续激光探测理想回波信号波形

收稿日期: 2009-08-31

作者简介: 王守辉(1977-), 男, 吉林人, 毕业于西安电子科技大学, 工程师, 研究方向为光电工程。

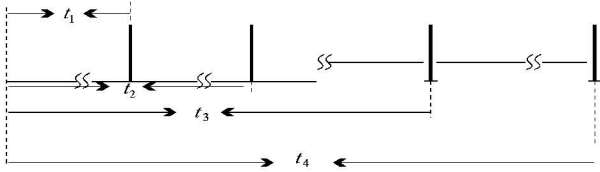


图 2 脉冲激光探测理想回波信号波形

基于上述仿真分析:利用连续激光进行探测时,扫描体制红外成像设备获得的回波波形如图 1 所示.其中 T_f 为红外热像仪的扫描周期; T_l 为行周期; τ_e 为回波包络宽度;这种情况下表示在 T_f 时间段内,可以连续收到多个回波信号.通过这种方法,统计就可以计算出红外扫描设备的扫描周期.

在采用脉冲激光进行周期识别的情况下,对于凝视型目标,回波率较高,通过统计计算,容易判断和识别;而对于扫描型目标,只有当激光脉冲照入其瞬时视场或附近时,才能接收到目标回波信号.由于目标的扫描信号与激光脉冲信号的相位差随机变化,所以目标回波率很低.因此,如对红外成像系统体制设备的扫描周期进行测算,则需引入算法.

利用脉冲激光进行探测时,红外扫描体制设备获得的回波波形如图 2 所示, $t_1, t_2, t_3 \dots$ 分别为探测到回波的到达时刻.这种情况下探测的回波信号不具有连续激光探测方式的规律性,回波信号的间隔有一定的随机性.要想解算出正确的红外扫描周期,需要算法的支持.

常用的扫描体制红外热像仪的扫描周期在 20 ~ 50 ms 内,利用这一特性,通过穷举法,列举 20 ~ 50 内的整数 $s_1, s_2, s_3 \dots$,通过计算探测脉冲间隔 t 和 s 比值的方法,取能够整除的 s 值,就是扫描周期.在周期解算算法中,至少要求 3 个以上的回波才能推算出目标的扫描周期.按照图 2 中的信号进行仿真,其中, T_f 取 20 ~ 50 ms 的任意值,相位差取 0 ~ T_f 之间的任意值,仿真时间为 4 s,通过仿真结果表明在 4 s 内收到 3 个以上回波的概率为 98%.

2 扫描周期测算算法

如利用连续波激光照射获取回波的情况下,已知的扫描体制红外热像仪的扫描周期在 20 ~ 50 ms 范围内,图 1 中的扫描周期 T_f 通常也是 20 ~ 50 ms,行周期 T_l 通常为几百微秒,回波包络宽度 τ_e 通常为几十微秒.

假设回波个数为 P ,有

$$\Delta t_n = t_{n+1} - t_1 \quad n = 1, 2, \dots, P - 1 \quad (1)$$

$$M_n = \text{取整}(\Delta t_n / 50) \quad (2)$$

$$N_n = \text{取整}(\Delta t_n / 20) \quad (3)$$

$$ETfn(K) = \Delta t_n / K$$

$$K = M_n, M_n + 1, \dots, N_n \quad (4)$$

利用在概率探测中得到的回波到达时间 $t_1, t_2, t_3 \dots$ 和式(1)~式(4)即可推算出目标的扫描周期.

如图 3 所示, $(P - 1)$ 组离散的 ETf 值由式(4)推出,其中每一个离散的数值是初步筛选的可能的目标扫描周期值.由于 Δt_1 最小,因此, ETf_1 中的离散点数最少.如图 3 中虚线所示,以 ETf_1 中的每一个个值为标准,在其他组的 ETf 中查找数值最接近的值.对每条虚线上点的值分别求方差,对方差最小的虚线上点的值求平均,其平均值即为推算的扫描周期.

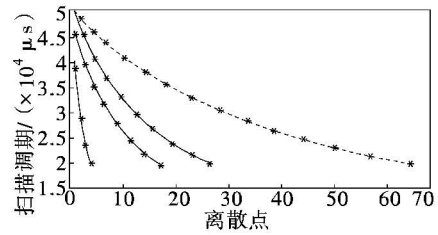


图 3 扫描周期推算示意图

3 误差分析

图 4 为测算周期与实际扫描周期的误差示意图.由图 4 可知,目标的扫描行周期是导致推算的扫描周期与目标实际的扫描周期的误差的主要原因.计算最大误差时,将式(4)改为 $ETf = (K * T_f + e) / K$,则最大误差为 e / K ,其中,在通常情况下, e 值为几毫秒,而 K 为十几或几十的整数.因此,若误

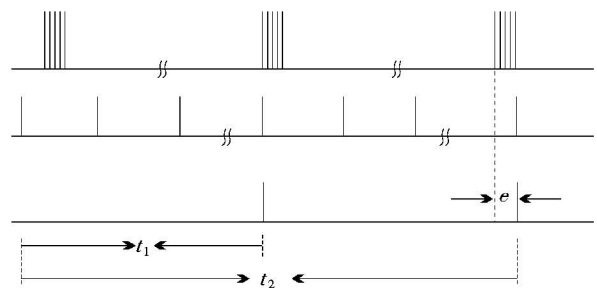


图 4 测算周期与实际扫描周期的误差示意图

差在 1 ms 之内,则满足要求.

4 实时校正

实时校正分 2 个过程:首次校正和中间校正.

由于测算的周期与实际周期的误差正负是未知的,且误差范围大小不确定.因此,校正需进行 2 个方向的校正,即如果向增加的方向校正一定时间后,仍然没有收到回波,则改为向负的方向校正.通常情况下,校正步长取值小于 $\tau_e/2$.

经首次校正后,可确认目标,可能收到一个或多个回波后,回波再次丢失.必须进行再次校正.校正方向为前一次校正的反方向,校正步长为前一次校正步长的 1/2.通过这种“边发边校”的实时校正过程,回波率将逐渐增加.

5 结束语

在对激光回波信号进行仿真分析的基础上,通

过数学建模等分析手段,提出了红外探测器件扫描周期的解算算法,并对该算法的误差进行分析,探讨了实时校正的过程与方法.在仿真的过程中,对激光的大气传输等环境条件和接收的激光回波信号都是采用较理想的条件进行分析的,今后还应对上述算法进行进一步的验证和确认.

参考文献

- [1] 陈小天,沈振康.空空导弹红外成像制导系统仿真研究[J].系统仿真学报,2008,20(20):20-22.
- [2] 赵超,杨号.红外制导的发展趋势及其关键技术[J].电光与控制,2008,15(5):48-53.
- [3] 杨磊,杨亚培,郑永超.激光技术对抗红外成像制导的应用研究[J].红外,2008,29(7):28-31.
- [4] 耿峰,祝小平.精确制导武器红外成像导引头控制系统研究[J].宇航学报,2007,28(3):535-538.
- [5] 陈治宣,周晓东,娄树理,等.红外焦平面阵列非均匀性校正研究[J].海军航空工程学院学报,2006,21(4):444-448.

(上接第 69 页)

表 4 CA、Singer、CS 模型在阶跃加速目标跟踪中的对比

	位置 RMSE 最大值/km	速度 RMSE 最大值/(km/s)	位置 MRMSE	速度 MRMSE
CA 模型	2.225 1	3.656 0	0.957 6	1.554 6
Singer 模型	2.119 6	3.815 4	0.836 4	0.642 4
CS 模型	1.946 4	3.289 9	0.473 5	0.127 0

不同运动形式目标的跟踪,还可以在此基础上开发出更加精确、鲁棒的模型.

3 结束语

机动目标跟踪成功的关键在于从测量值中提取有关目标状态的有用信息,一个好的目标跟踪算法将有利于这种信息的提取.大多数跟踪算法都是以模型为基础的,文中针对目前机动目标跟踪研究中应用范围最广的几种跟踪算法(模型)进行了较为深入的分析,依托多种不同环境、条件仿真下的结果较

全面地体现了各模型的特点及优劣,为模型的进一步研究和应用提供了一定的实验依据.

参考文献

- [1] 韩崇昭,朱红艳,段战胜,等.多源信息融合[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [2] 何友,修建娟,张晶炜,等.雷达数据处理及应用[M].北京:电子工业出版社,2006.
- [3] 王洪峰,单甘霖,梅卫.低空反导机动目标跟踪技术研究[J].电光与控制,2006,13(2):8-10.
- [4] 周宏仁,敬忠良,王培德.机动目标跟踪[M].北京:国防工业出版社,1994.