

一种新的多激光威胁信号分选和编码解算方法

李 浩, 梁 璟

(电子科技大学电子科学技术研究院, 四川 成都 610054)

摘 要:针对目前应用比较广泛的周期性激光威胁信号编码,提出了一种基于统计方法的信号分选和编码解算方法。该方法根据多激光威胁信号之间的独立性以及周期性编码的相关性,利用统计的方法实现多激光威胁信号的分选和编码解算。通过 Matlab 的仿真验证,说明该方法可以在短时间内准确的完成多路信号分选,精确复制出制导信号的编码。

关键词:激光制导编码;信号分选;统计方法

中图分类号:TN919.3⁺1 **文献标识码:**A

A New Method to De-interleave and Decode Multi-laser Threats

LI Hao, LIANG Jing

(Research Institute of Electronic Science and Technology of UESTC, Chengdu 610054, China)

Abstract: According to the period code of the laser guidance signal, this paper introduced the principle and different classes of the pulse and gave a method of code de-interleaving and identifying based on the statistic way. This method implemented de-interleaving and identifying of multi-threat sources, which based on the independence of pulses and the relativity of period. The signals can be exactly de-interleaved and copy the next code of the laser guidance signal with the validation of the Matlab simulating.

Key words: laser guidance; de-interleaving of the signal; statistic method

1 引 言

激光精确制导武器由于其制导精度高,在现代战争中应用越来越多,对重要军事目标的威胁也越来越大,对抗激光制导武器已成为当务之急^[1]。在战场上一个军事目标可能会受到多个激光辐射源照射,因此如何在复杂的战场环境中对多激光威胁进行快速有效的信号分选和精确的信号预测,从而迅速地对各种激光制导进行对抗是目前激光告警和干扰系统亟待解决的问题。本文针对目前应用比较广泛的周期信号提出了一种基于统计方法的信号分选和编码解算方法。

2 信号分选和编码方法

在复杂战场环境下,由于炮火的闪光及闪电等所产生的干扰脉冲有可能会与激光威胁脉冲相重合,此时将这个脉冲认为是干扰脉冲而排除。同时,由于多激光威胁脉冲也会因为重合而认为是一个脉

冲造成脉冲丢失。由于多激光辐射源的脉冲信号之间是独立无关的,在占空比为 D_i 的 N 路脉冲序列中脉冲丢失概率为 P_{lost} 可以表示为^[2]:

$$P_{\text{lost}} = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - D_i) \quad (1)$$

由于激光威胁源脉冲的宽度为微秒级而其频率又很低($1 \sim 40\text{pps}$),占空比最高 10^{-4} 量级,干扰脉冲的占空比也不会超过 10^{-3} 量级,所以在低密度脉冲序列情况下脉冲丢失概率是小概率事件。

设一路具有周期性的精确频率码或是变间隔码,每个脉冲的达时间为 X_{TOA} ,其周期为 T ,一个周期内脉冲个数为 K ,则第 n 个周期内的第 i 个脉冲到达时间可以简单的表示为^[3]:

作者简介:李 浩(1981-),男,硕士,主要从事数字信号处理方面的研究。E-mail:leehowal@163.com

收稿日期:2008-08-11;修订日期:2008-10-13

$$X_{TOA(i+K_n)} = \varepsilon_{i+K_n}(t_i + K_n) \quad (2)$$

式中, $\varepsilon_{i+K_n} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ 为脉冲丢失系数, 取 1 的概率为 P_{lost} , 取 0 的概率为 $1 - P_{lost}$; t_i 为第一个周期内的第 i 个脉冲应该到达的时间; i 取 $1 \sim K$ 。

对于 N 路激光威胁脉冲流可用下式表示:

$$X_{TOA_j} = \varepsilon_j \sum_{k=1}^N (t_{ik} + n_k T_k) \quad (3)$$

式中, $j = \sum_{k=1}^N (i_k + K n_k)$, 表示脉冲流中的第 j 个脉冲; ε_j 为脉冲丢失系数; k 取 $1 \sim N$ 。

在式(3)中, 每个脉冲到达时间 X_{TOA_j} 是已知的, 设 ΔT_{ij} 为两个脉冲 X_{TOA_j} 和 X_{TOA_i} 的差, 则:

$$\Delta T_{ij} = X_{TOA_i} - X_{TOA_j} \quad (i > j) \quad (4)$$

假设有 L 个脉冲, 则可以构建一个 $(L-1)$ 阶方阵 ΔT :

$$\Delta T = \begin{bmatrix} \Delta T_{21} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \Delta T_{31} & \Delta T_{32} & 0 & \cdots & 0 \\ \Delta T_{41} & \Delta T_{42} & \Delta T_{43} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta T_{L1} & \Delta T_{L2} & \Delta T_{L3} & \cdots & \Delta T_{LL-1} \end{bmatrix}$$

如果 X_{TOA_i} 与 X_{TOA_j} 为同一路脉冲且两个相差一个周期, 则此时的 ΔT_{ij} 等于 T_i 。如果不是, 则此时的 ΔT_{ij} 为一随机值。因为每路脉冲之间是独立不相关的, 而每一路脉冲流由于其周期性而具有相关性, 在 ΔT 中出现最多的值就是周期值, 因此对 ΔT 进行统计分析, 找到出现最多的值, 然后将与此值相等的所有 ΔT_{ij} 提取出来, 依据其下标找到此路脉冲所包含的所有脉冲, 这样就可以得到此路脉冲的完整信息, 包括脉冲序列周期、脉冲个数、脉冲间隔等。同理, 可完成对多路信号的分选和复制。

在实际应用过程中, 考虑到对于多路脉冲, 相邻脉冲即使为同一路脉冲, 但此路脉冲为 2 位码的可能性很小, 即使为 2 位码, 也可以当成 4 位码, 因此 i 和 j 的差可以扩大, 根据实际情况来判断。同时两者差最大值也可以适当取值, 这样就将矩阵的阶数降低, 带来的好处就是提高周期寻找速度, 增加判断的可靠性。

应用本方法时, L 值越大, 运算量越大, 准确率越高, 然而战场环境下, 对时间的要求很高, 如果 L 值取得很大, 当接收到 L 个脉冲后, 可能一次攻击已经完成, 因此, 采用接收到一个脉冲判断一次并进行有效预测的方法是有必要的。

3 仿真验证

由于在战场环境下, 对于多激光脉冲威胁首先

进行了方位分选, 所以在同一方位上同时有三路威胁信号的可能性很小, 因此在仿真时假设有三路周期性脉冲威胁源。在验证过程中 i 和 j 的差取值为 $4 \sim 16$ 。同时, 假设丢失概率为 1%, 利用 matlab 对本方法进行了仿真验证, 验证结果如图 1 所示。图 1(a) 为周期分别为 377ms, 400ms, 435ms 的两路四位和一路三位周期编码的组合输入, 图 1(b)、图 1(c)、图 1(d) 分别为信号分选及识别后的脉冲预测输出。图中, 横坐标为脉冲到达时间, 单位 ms; 纵坐标代表脉冲有无。

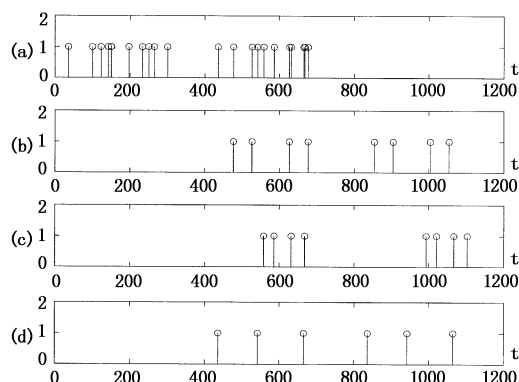


图 1 仿真结果

(a) 三路混合脉冲输入; (b)、(c)、(d) 分选后三路脉冲输出

通过验证表明只要同一路脉冲出现两个循环周期就可以准确的分选出此路信号, 并完成解码运算, 推算出以后的此路脉冲到达时间, 运算时间取决于两个循环周期的时间, 两个循环周期到达后, 解算时间不大于 1ms。

4 结论

根据周期信号的相关性, 采用统计方法来进行信号分选和编码解算的方法只有减法运算, 可以大大减少运算量, 缩短运算时间, 有效地解决了在尽可能短的时间内破解敌方激光制导编码和精确复制其编码的问题, 对于所有的, 包括未来可能存在的周期性编码都可以应用, 为实施有效地对抗赢得了宝贵的时间。

参考文献:

- [1] 水心恒, 胡绍华, 曾庆海. 多激光威胁源情报侦察中的信号分选问题浅析[J]. 光电技术应用, 2004, 19(3): 41-44.
- [2] 魏娟. 密集信号环境下的分选技术研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2005: 12-15.
- [3] 李君波, 杨涛. 基于自相关的激光编码解算[J]. 光学与光电技术, 2006, 2(4): 34-36.