

引用格式:解争龙,弋改珍. 基于深度自编码网络的激光制导混合信号分选系统设计 [J]. 微电子学与计算机,2019,36(12): 93-96. [XIE Z L, YI G Z. Design of Laser Guidance Mixed Signal Sorting System Based on Deep Self-encoding Network[J]. Microeletrronics & Computer,2019,36(12):93-96.]

基于深度自编码网络的激光制导混合信号分选系统设计

解争龙,弋改珍

(咸阳师范学院 计算机学院,陕西 咸阳 712000)

摘 要: 针对当前设计方法无法实现激光制导混合信号准确分选的问题,提出一种基于度自编码网络的激光制导混合信号分选系统设计方法,设计了包括激光制导信号接收、处理、分选、合并编批以及分选结果发送模块,形成了一套完整的系统软件操作流程;并对包含译码电路、锁存电路、信号缓存电路、及激光制导信号上传电路,以及外围辅助电路的系统分选器进行设计,实现了激光制导混合信号分选系统最终设计. 实验结果证明,所提方法能够准确实现普通激光制导信号以及包括载频信号、脉宽信号、重频信号三种特殊激光制导信号的分选.

关键词: 深度自编码网络;激光制导;混合信号;分选;系统设计

中图分类号: TN957. 51

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2019)12—0093—04

Design of laser guidance mixed signal sorting system based on deep self-encoding network

XIE Zheng-long, YI Gai-zhen

(Computer college, Xianyang normal university, Xianyang 712000, China)

Abstract: Aiming at the problem that the current design method cannot achieve accurate sorting of laser-guided mixed signals, a design method of laser-guided mixed-signal sorting system based on self-coding network is proposed. and the design is based on this Including laser guidance signal receiving, processing, sorting, merger batching and sorting result sending module, forming a complete system software operation flow; and including decoding circuit, latch circuit, signal buffer circuit, and laser Guided signal uploading circuits and system selectors for peripheral auxiliary circuits are designed to achieve the final design of the laser-guided mixed-signal sorting system. Experimental results show that the proposed method can accurately achieve the sorting of general laser guidance signals and three special laser guidance signals including carrier frequency signals, pulse width signals and heavy frequency signals.

Key words: Depth self-encoding network; Laser guidance; Mixed signal; sorting; system design

1 引言

激光制导方式有两种,分别是激光驾束制导和激光寻的制导,激光制导武器容易受到天气变化和战场影响,特别是战场上硝烟弥漫,严重阻碍激光制导信号的传输,容易造成激光制导武器在飞行过程

中偏离目标^[1]. 提高复杂电磁环境下的激光制导混合信号分选处理效率和精度的性能,对激光制导武器装备发挥最大效能具有重要意义^[2]. 针对当前方法设计的分选系统无法实现多种激光制导信号的准确分选,提出一种基于深度自编码网络的激光制导混合信号分选系统设计方法.

2 基于深度自编码网络的激光制导混合信号分选系统

2.1 激光制导混合信号分选系统总体设计

整个激光制导混合信号分选系统以芯片 DSP 作为主处理器,与可编程门阵列 FPGA 以及其他外围电路相配合实现激光制导混合信号分选系统的软硬件平台设计。其中系统硬件设计框图如图 1 所示。

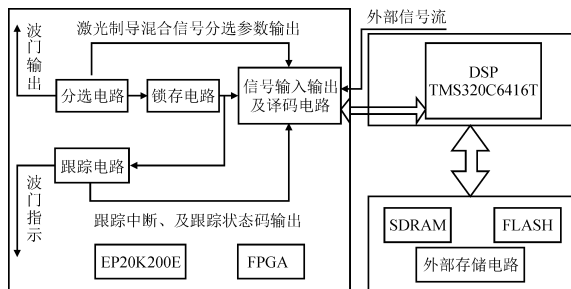


图 1 激光制导混合信号分选系统总体设计

2.2 基于深度自编码网络的激光制导混合信号分选方法

采用深度自编码网络作为激光制导混合信号分选系统的基本结构,对激光制导混合信号进行预处理^[3-4],包括编码和解码两个阶段的处理,在激光制导信号编码阶段,输入信号利用编码函数 $h = f(x)$ 对 $x \in [0, 1]^N$ 进行编码处理,计算公式如下:

$$h = f(x) = \text{sigm}(\mathbf{W}x + b) \quad (1)$$

式中, $\mathbf{W} \in R^{M \times N}$ 表示深度自编码网络权重矩阵; $M \times N$ 表示网络窗口大小; $b \in R^M$ 表示深度自编码网络隐层偏置向量; $\text{sigm}(\cdot)$ 表示 sigmoid 函数。

在上述计算基础上,在解码阶段,系统深度自编码网络的重构输入 $\hat{x} \in [0, 1]^N$ 是通过对以下解码函数 $\hat{x} = g(h)$ 计算得到的:

$$\hat{x} = g(h) = \text{sigm}(\mathbf{W}h + c) \quad (2)$$

式中,与参数 b 类似, $c \in R^N$ 表示系统输出层偏置向量。

根据上述参数,假设 i 表示激光制导混合信号序列中的第 i 行元素,计算系统深度自编码网络的代价函数 $E(x)$ 为:

$$E(x) = - \sum_{i=0}^N (x_i \ln \hat{x}_i + (1 - x_i) \ln(1 - \hat{x}_i)) \quad (3)$$

利用代价函数 $E(x)$ 对激光制导混合信号进行分选的前提为:系统深度自编码网络同一方位分辨率范围内同时存在的两路激光指示信号,其编码周期相等的几率很小。由于激光制导混合信号仍然具有周期性特点,可以通过采用自相关算法计算激光制导混合信号的骨架周期,并从激光制导混合脉冲序列中将频率

中较高的一组激光脉冲信号提取出来作为编码识别信号,剩余的激光脉冲序列则作为激光制导混合信号序列继续参与分选,制导序列中的所有激光脉冲信号被全部分选出来^[5-6]。具体操作步骤描述如下:

假设 T_1 和 T_2 分别代表系统深度自编码网络中的两路激光制导信号的编码周期,且在 t 时刻,二者均为重频信号,满足 $T_1 \neq T_2$ 的条件,则激光制导混合信号的计算公式为:

$$X(t) = \sum_{i=0}^{i<\infty} E(x)(t - iT_1) + \sum_{j=0}^{j<\infty} E(x)(t - iT_2 - \tau) \quad (4)$$

式中, j 表示激光制导混合信号序列中的第 j 列的元素; τ 表示激光制导信号 T_1 和 T_2 之间的到达延迟。

设置系统深度自编码网络中的两路激光制导信号 T_1 和 T_2 的最小公倍数为 T ,则有:

$$T = M'T_1 + N'T_2 \quad (5)$$

式中, M' 、 N' 互为质数,分别表示激光制导混合信号公共周期内有 M' 个激光脉冲属于信号 1, N' 个激光脉冲属于信号 2,且满足 $M' + N' = K$, K 表示激光制导混合信号公共周期内包含的激光脉冲总数。

根据上式计算可知,激光制导混合信号公共周期内至少存在一路信号其重复频率高于激光制导混合信号的重复频率,即 T_1 和 T_2 中至少有一个值小于 T ,在此基础上进行步长搜索可以获得混合公共周期中的一路高频信号分量,完成激光制导混合信号分选^[7-8],计算公式为:

$$T_1 < T \quad T_2 < T \quad T_1, T_2 < T \quad (6)$$

2.3 激光制导混合信号分选流程

如图 2 所示给出了基于深度自编码网络的激光制导混合信号分选系统的操作流程^[9-10]。

(1)图 2 中的激光制导信号接收模块主要用来接收系统深度自编码网络前端发送来的激光信号序列,对其进行校验和解码操作,完成激光制导信号的 PDW(激光脉冲描述字)格式转换。

(2)激光制导信号处理模块主要通过利用 AOA(激光脉冲到达角)、CF(激光脉冲载频)、PW(激光脉冲频宽)、PRI(激光脉冲的重复周期)等进行聚类分析,对激光制导脉冲信号流密度进行稀释,降低激光制导混合信号分选计算复杂度。

(3)利用上节给出的深度自编码网络算法对激光制导混合信号进行分选,将激光制导混合信号分割为高重频、低重频分别进行分选,适用于激光制导信号较为密集的电磁环境。

(4)激光制导信号合并编批模块的主要工作是

对公共周期内的激光制导混合信号分选结果进行合并、虚假信号剔除、周期间信号分选结果关联分析、方位滤波、信号分选结果的编批等。

(5)激光制导信号分选结果发送模块主要根据系统网络终端的需求格式将分选结果进行打包处理,按照双方提前约定的通信方式发送。

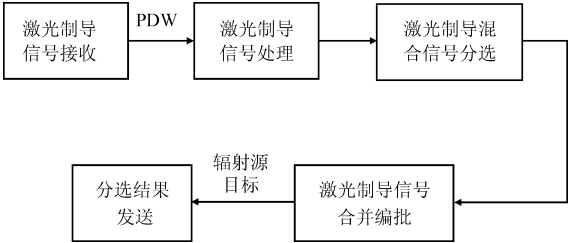


图 2 激光制导混合信号分选流程

2.4 激光制导混合信号分选系统的分选器设计

激光制导混合信号分选系统的分选器设计主要包括译码电路、锁存电路、信号缓存电路以及激光制导信号上传电路,以及外围辅助电路的设计^[11]。系统分选器电路设计如图 3 所示。

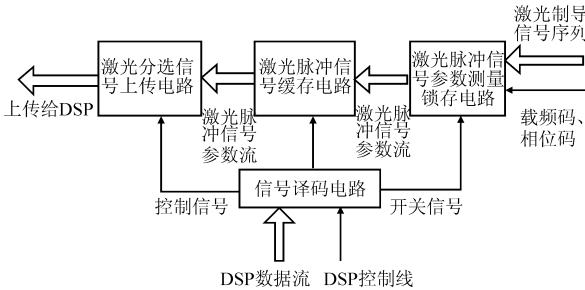
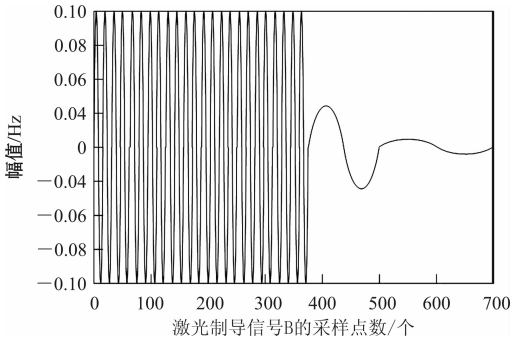


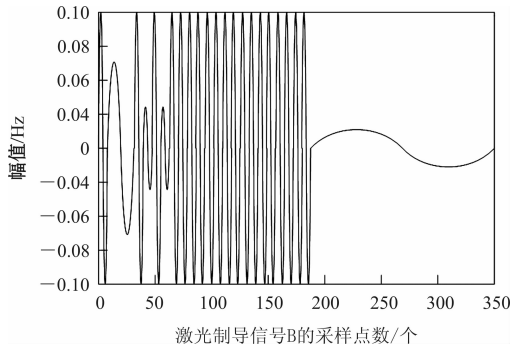
图 3 系统分选器电路设计

3 激光制导混合信号分选系统性能测试

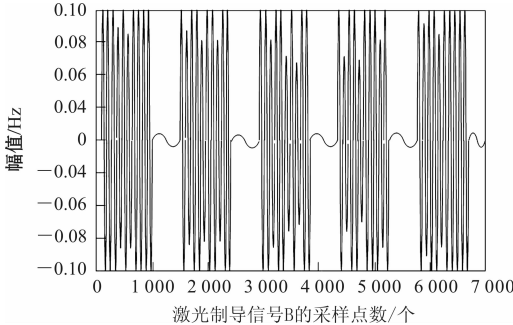
在完成上述基于深度自编码网络的激光制导混合信号分选系统设计后,对其设计方法进行性能测试,在激光制导信号源设置不同参数,包括五种普通激光制导信号,其波形如图 4 所示。



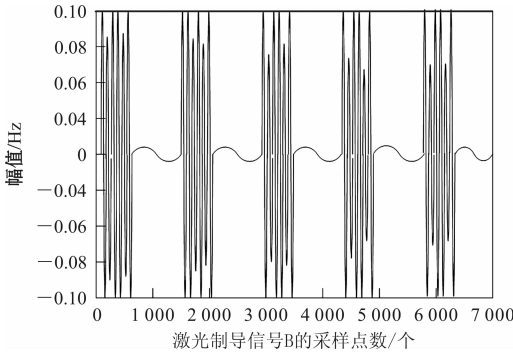
(a) 普通激光制导信号 A 的波形



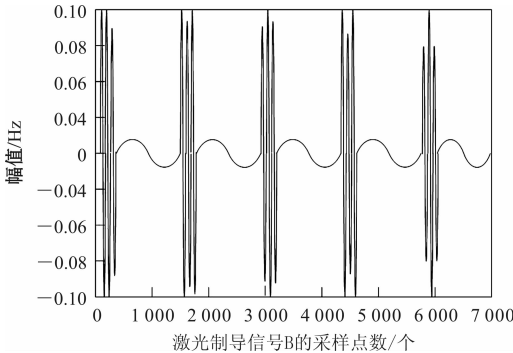
(b) 普通激光制导信号 B 的波形



(c) 普通激光制导脉冲信号 C 的波形



(d) 普通激光制导脉冲信号 D 的波形



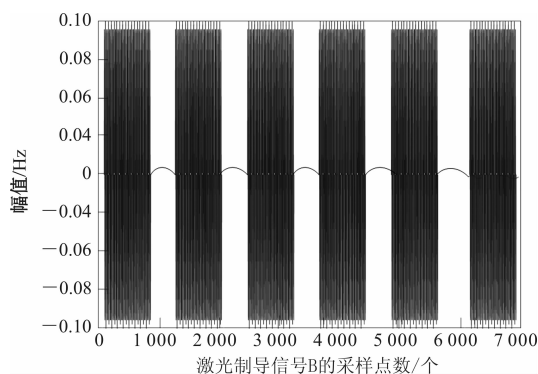
(e) 普通激光制导脉冲信号 E 的波形

图 4 五种普通激光制导信号波形图

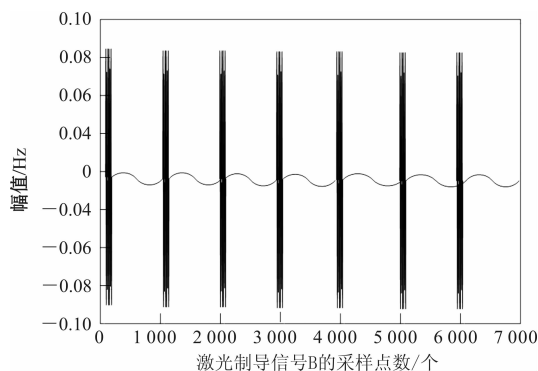
激光制导载频信号、脉宽信号、重频信号三种特殊激光制导信号,其波形如图 5 所示. 激光制导混合信号中包含的 8 种激光制导信号,分别用 A、B、C、D、E、F、G、H 代表,其中,前五个为普通激光制导信

号;后三个为特殊激光制导信号.

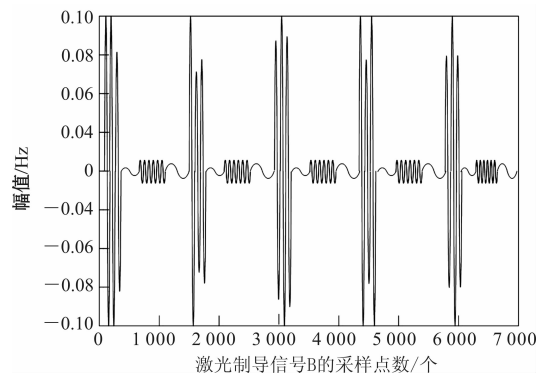
对基于深度自编码网络的激光制导混合信号分选系统设计方法进行分选性能测试.



(f)特殊激光制导信号 F 的波形



(g)特殊激光制导信号 G 的波形



(h)特殊激光制导信号 H 的波形

图 5 三种特殊激光制导信号波形图

根据分选测试结果可以得到以下结论:基于深度自编码网络的激光制导混合信号分选系统设计方法能够将激光制导信号激光脉冲的重复周期 PRI 控制在 $0.4 \sim 1.22$ ms 范围内;激光制导信号脉宽 PW 控制在 $0.3 \sim 200$ μ s 范围内;激光制导信号脉冲到达角 AOA 控制在 $-25^\circ \sim 0^\circ$ 范围内;激光制导信号脉冲载频 CF 控制在 $2.5 \sim 4.6$ GHz 范围内.所提方法能够准确实现普通激光制导信号以及包括载频信号、脉宽信号、重频信号三种特殊激光制导信号

的分选.

4 结论

提出一直基于深度自编码网络的激光制导混合信号分选系统设计方法,通过测试结果分析可知,所提方法能够完成复杂电磁波信号环境下的激光制导混合信号分选,虽然输入结果与输出结果之间仍然存在一点误差,但在允许范围内,并不影响系统性能指标,较好地完成了设计任务.

参考文献:

- [1] 张滢,杨任农,左家亮,等. 激光制导炸弹无偏置上仰投放战术机动规划[J]. 系统工程与电子技术, 2016, 38(5):1074-1080.
- [2] 陈霄,肖起榕,闫平,等. 高功率光纤激光信号耦合器[J]. 红外与毫米波学报, 2016, 35(1):15-20.
- [3] 张斌,李佳璐,赵冬娥,等. 基于小波滤波及相关分析的激光光幕破片测速信号数据处理[J]. 兵工学报, 2016, 37(3):489-495.
- [4] 周智荣,华灯鑫,杨蓉,等. Mie 散射激光雷达回波信号小波去噪方法[J]. 光子学报, 2016, 45(7):144-149.
- [5] 滕岳,吕勇,陈青山,等. 激光频率上转换回波信号探测技术研究[J]. 光电工程, 2016, 43(4):84-88.
- [6] 王丹茹,徐青,邢帅,等. 全局收敛 LM 算法优化的机载激光测深信号提取方法[J]. 测绘科学技术学报, 2017, 34(4):421-426.
- [7] 李加福,唐文彦,张晓琳,等. 壳段厚度激光检测信号的变分模态分解去噪[J]. 光学精密工程, 2017, 25(8):2173-2181.
- [8] 朱玲嫵,常建华,李红旭,等. 改进的激光雷达回波信号去噪方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2017, 31(10):1608-1613.
- [9] 郑惠文,黄建冲. 基于内插采样的雷达信号分选方法[J]. 探测与控制学报, 2017, 39(1):46-51.
- [10] 董春曦,沈志博,刘松杨. 基于压缩感知的雷达信号分选方法[J]. 北京邮电大学学报, 2016, 39(2):82-87.
- [11] 郑惠文,黄建冲. 双站协同侦察雷达信号分选新方法[J]. 火力与指挥控制, 2017, 42(4):85-90.

作者简介:

解争龙 男,(1961-),硕士,教授.研究方向为计算机网络与信息安全. E-mail: xynxiei@126.com

弋改珍 女,(1969-),硕士,副教授.研究方向为研究方向为计算机网络与信息安全.