

文章编号:1001-893X(2012)05-0699-05

一种基于 DSP 的多目标识别新方法^{*}

唐大宇

(中国西南电子技术研究所,成都 610036)

摘要:为了适应现代战争的需求,排除干扰,分离相互交叠的目标,提出了一种多目标识别的新方法。分析了各种干扰产生的原因,利用和差比以及信号脉冲前后沿的幅度差对重叠信号进行解码,并采用单脉冲测角技术精确地得到各目标的角度,最后采用点迹相关技术对多次询问的信号进行进一步的处理,最终得到每个目标的航迹。实际应用验证了该方法的有效性。

关键词:多目标识别;干扰;单脉冲测角;点迹相关

中图分类号:TN958.96 **文献标志码:**A doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2012.05.019

A Novel Multi-target Identification Method Based on DSP

TANG Da-yu

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: For meeting the requirement of modern war, avoiding interference and separating cross multi-target, a novel multi-target identification method is proposed. After analysing the cause of all kinds of interference, overlap signals are decoded with sum-minus ratio and amplitude discrepancy of forward-edge and backward-edge of signals pulse. Angle of each target is obtained accurately by single pulse angle-measurement technique. Finally, path of each target is gained by processing signals of multi-inquiring based on the technique of point track correlation. Engineering application has proven the effectiveness of this method.

Key words: multi-target identification; interference; single pulse angle-measurement; point track correlation

1 引言

多目标识别在军事或民用领域均有重要应用。例如:战域警戒(地面运载工具和作战单位)、海上警戒(水面舰艇和潜艇),以及空中航行管制(民航)等。对于现在越来越复杂的空中情况,信号中存在着各种干扰,如混扰、串扰^[1]等,有效目标信号出现交叠的情况也相对增多^[2]。但通过对信号进行研究,发现干扰的和差比很小,而多目标信号相交叠时,由于各目标的距离不同,接收机收到的信号强度也不同。本文基于上述思想,在对信号进行分析后,在 DSP 中设计了一种自制的识别方法,该方法从干扰产生的原理入手,利用脉冲前后沿幅度的差异来分离交

叠信号,采用单脉冲测角^[3]和一种基于密度的点迹相关算法^[4]来对目标进行后期处理,并用 MATLAB 进行了仿真,最后成功地应用在实际工程中。这种方法具有提取起始航迹、处理虚警点,以及分辨混编点迹集的能力。

2 信号的干扰

信号在空间中的干扰非常复杂,为了处理多个目标,接收机的波门会开得比较大,这样除了不可避免的各种噪声,还有如混扰、串扰、旁瓣干扰、多径干扰等各种情况。本文主要对混扰、串扰、旁瓣干扰、多径干扰进行分析。

^{*} 收稿日期:2012-02-20;修回日期:2012-03-20

2.1 混扰

混扰是二次雷达(SSR)系统内部的一种干扰,当询问方位上有两个以上目标时,接收机将同步地收到两组以上回答信号,当目标间距小于 3 km 时,这些回答信号将交叉在一起,产生脉冲重叠或交错,这种干扰叫做混扰。

信号处理的目的是要正确区分出这两组信号,如图 1 所示。

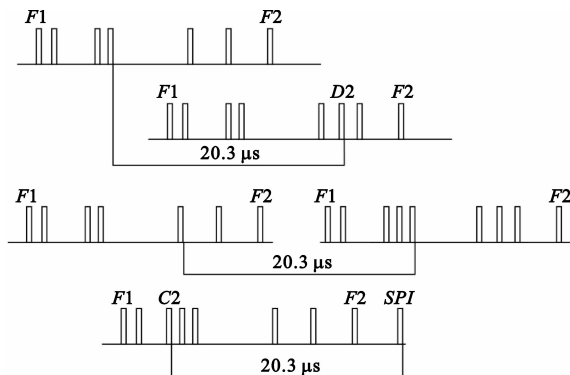


图 1 多组信号叠加并形成假目标

Fig.1 Multi-group signals overlap and form pseudo targets

混扰在以下条件将形成假目标:

- (1)两组回答信号相距小于 20.3 μs,同时有两个脉冲相距 20.3 μs;
- (2)两组回答信号相距大于 20.3 μs,同时有两个脉冲相距 20.3 μs;
- (3)同一组信号的 SPI 脉冲和 C2 脉冲相距 20.3 μs,也会形成假目。

2.2 串扰

当某一目标同时收到两个以上的询问机询问时,每个询问器除接收自己询问的回答信号外,同时均会接收到目标对其他询问器的回答信号,对自己有用的回答信号造成干扰,这种干扰叫做串扰。

2.3 旁瓣干扰

在询问器旁瓣方位上的目标,有时收到旁瓣幅射信号触发,产生回答信号,从旁瓣进入询问造成干扰,将会误认为是主瓣方位上的有效信号,这种干扰就叫作旁瓣干扰。

2.4 多径干扰

在发射机和接收机之间存在两个或两个以上信号传输路径所造成的干扰,叫多径干扰。直射以外的路径可能是自然障碍物或人造建筑物体的反射造

成的。当直射波与反射波路径差造成的信号传播时延小于脉冲宽度时,将造成信号衰落或波动;当直射波与反射波传播延时差大于脉冲宽度时,将造成干扰,这时接收机将收到两组以上回答信号,这种干扰叫作多径干扰;当反射波通过在水平方向有倾斜角的地面上产生时,且当直射波与反射波路径差造成的信号传播时延小于脉冲宽度时,将造成水平方向波束变形,这是最难解决的。

多径干扰信号的特点是信号代码完全相同、方位不同、反射路径信号比直射信号弱且滞后。

3 信号处理

信号处理的目的是从各种干扰中把有效的信号提取出来。为了去掉干扰,可以先从天线的方向图入手,如图 2 所示。

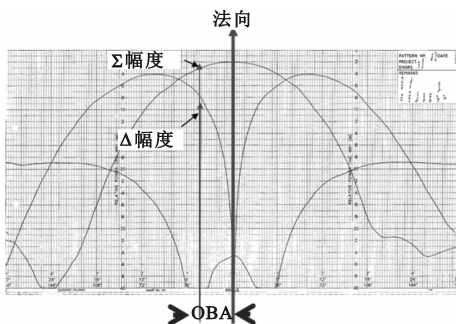


图 2 天线方向图

Fig.2 Antenna orientation diagram

从天线的方向图中可以看出,目标在天线波束范围内时,和幅度(Σ)大于差幅度(Δ),当天线正对目标时,和幅度最大,而差幅度最小,在这里引进和差幅度比(SDR):

$$SDR = \Sigma / \Delta$$

当天线正对目标时 SDR 的值最大,当干扰信号或者目标不在雷达波束范围内时,差的值变大,SDR 值变小,如图 3 所示。

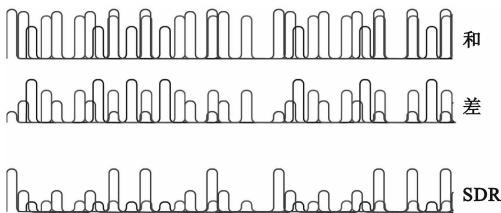


图 3 多目标和、差、SDR 叠加图

Fig.3 Sum, minus and SDR overlap diagram of multi-target

由此可以有效地去掉从旁瓣进入的信号。

从分析中可以发现,不管是多目标相互的混扰,还是串扰、多径干扰等各种干扰,各目标应答信号的幅度值是不同的,利用这种特性可以有效地剔除这几种干扰。而且由于各目标的幅度存在着差异,可以很容易地把混在一起的多个目标分离出来,实现多目标的初步识别。

DSP 从收到的脉冲中提取所需的各种信息,包括脉冲信息、身份信息和紧急信息,其中脉冲信息为一个时间(脉冲前沿时间)、脉冲宽度以及两个幅度信息(一个脉冲的前沿和后沿的幅度)组成。判断脉冲宽度,如果大于 550 ns,则认为是两个脉冲相叠加,并将其分为两个脉冲,并给该脉冲一个低置信度。根据应答信号的特点,判断有无两个脉冲相距 20.3 μ s,如果有,暂定为组脉冲为框架脉冲 $F1$ 、 $F2$ 。

DSP 判断框架后,先根据脉冲宽度和前后沿的幅度来判断两个框架脉冲是否为交叠脉冲。如果交叠,将其分为两个脉冲,并判断哪个为框架脉冲。当框架脉冲 $F1$ 、 $F2$ 幅度相差在允许范围内时,给它一个高置信度。如果相差较大,可以认为有两种情况:第一,不是一对框架脉冲;第二,其中一个框架脉冲被其他脉冲叠加。这时给它一个低置信度,暂时不对它解码。

确定框架脉冲以后,查找相应的时间位置上是否有脉冲,如果有再判断这个脉冲的幅度和框架脉冲的幅度相差是否在允许范围内,查找完以后,如所有脉冲都符合要求,则所有码位为高置信度;如其中有一个或者一个以上的脉冲幅度和框架脉冲幅度相差过大,则码位为低置信度。对于框架正确而低置信度的一组数据,继续解码。

在确定了框架脉冲以后,开始解码,首先应判断框架中间的第 7 个脉冲时间点上有无脉冲(即距 $F1$ 10.15 μ s 的位置上)。如果有,说明这不是一组应答码数据,删除这组数据;如果没有,继续向下解码。

解码时,依次判断相应的时间点上有无对应的脉冲,如果有,对应的码字为 1,如果没有,对应的码字为 0,最后解出应答码。

对于有身份的应答,如果是模式 1,军用识别应答信号在 SPI 脉冲位置处开始复制一遍应答框架脉冲及应答信号,即发射连续两组应答码。如果是其他模式,应答信号在 $F2$ 脉冲之后 4.35 μ s 发射一个 SPI 脉冲。

对于有紧急的应答,如果是模式 1、2,在发射一组

应答码后再连续发射 3 组框架脉冲,间隔为 4.35 μ s。如果是模式 3,同模式 1,但应答码编码为 7700。

剔除假框架的流程如图 4 所示。

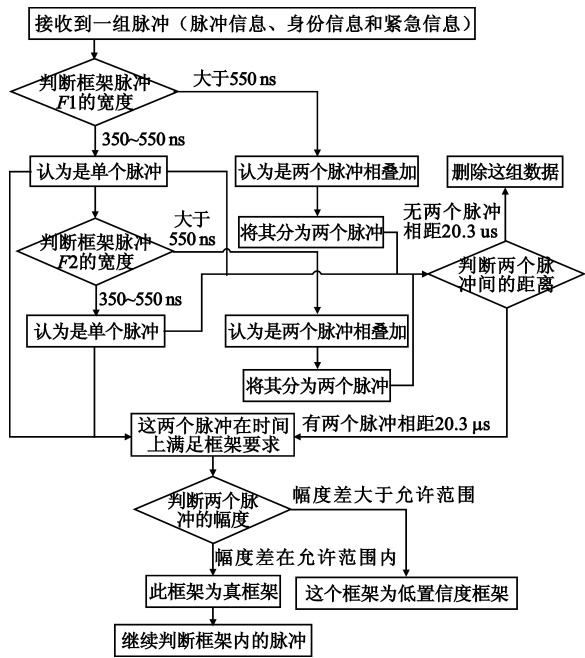


图 4 剔除假框架流程图
Fig.4 Flow chart of eliminating pseudo frame

4 后期处理

4.1 单脉冲测角

在完成以上的工作以后,当询问机以一定频率随天线旋转询问时,在一个波束范围内可以进行多次询问,输出的结果用 Matlab 仿真,如图 5 所示。

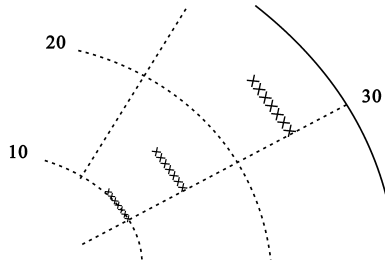


图 5 一个询问波束内目标点迹
Fig.5 Target's point track in an inquiring beam

从图中可以看出,在天线的波束范围内,询问次数不止一次,所在目标出现的点迹也不止一个,目标仍然是以多个点的形式离散出现,这样还不能满足实际应用的需要,在这里引入单脉冲测角的方法来

对目标进行进一步的处理。

从图 2 天线方向图中可以看出,在天线的波束范围内,当天线没有正对目标时,和差的幅度以一定的比率变化,根据这个特性,把 SDR 值进行查表以获得 OBA 值,OBA 值的正负可通过对 Σ 、 Δ 通道的中频鉴相得到,然后再加上天线的指向角度,就可以求得目标的实际角度。用 Matlab 仿真,如图 6 所示。

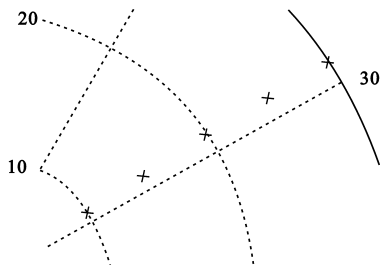


图 6 单脉冲测角后的目标点迹

Fig.6 Target's point track after single pulse angle - measurement

4.2 点迹相关

从图 6 中可以看出,目标虽然已经收敛到很小的范围内,但仍然是多个点,为了得到准确的点迹,采用了一种基于密度点迹相关的方法来进行凝聚。即在一定的范围内,如果同一个目标出现的次数大于一个门限值,认为这个目标真实出现,将这些出现点进行加权平均后,凝聚成一个点记录下来,否则删除这个目标。

建立一个数据库来进行点迹相关存数(以下称点迹相关数据库),当经过信号处理后得到一个目标时,先把这个目标和点迹相关数据库里的目标比较,如果目标与点迹相关数据库里任何目标的方位和距离都相差很大,则把当前目标当作一个新目标存入点迹相关数据库;如果点迹相关数据库存在一个目标 N 的方位和距离与当前目标的方位和距离相差很小,则认为当前目标与目标 N 有可能是同一个目标。再比较当前目标与目标 N 的各种询问模式,如果询问模式不同,则认为当前目标与目标 N 是同一个目标的两种不同询问模式的结果,将其存入为目标 N 下的一种新的询问模式;如果和其中一种询问模式相同,再比较它们的应答码和应答码的置信度,并用高置信度的码位代替低置信度的码位,同时将该目标出现的次数加 1。如果一个码位的两个置信度都为高,但其数值不同,则认为当前目标和目标 N 为相同方位相同距离而不同高度的两个目标。

在每次询问结束后都对点迹相关数据库里的目

标进行判断,如果有目标连续 3 次未出现,而且出现的总次数大于两次,则认为该目标为真实目标,将其送出,并在点迹相关数据库里删除该目标。

进行了点迹相关以后,可以剔除异步干扰,将有效的目标信息提取出来。

流程图如图 7 所示。

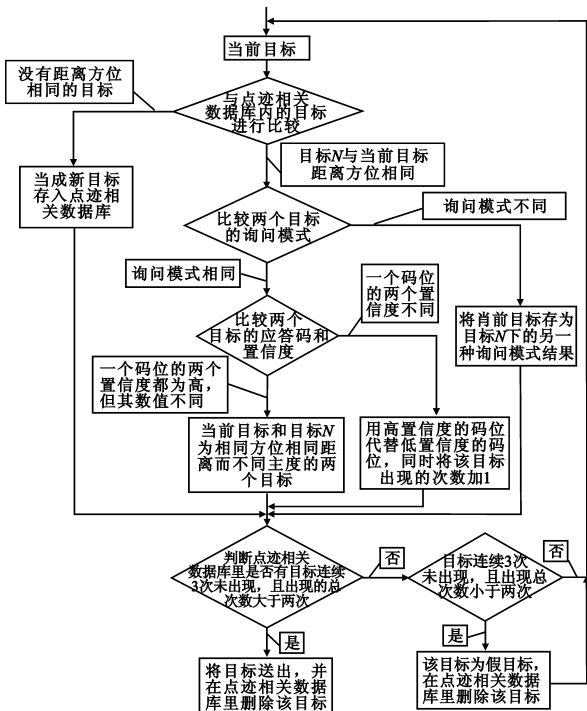


图 7 点迹相关流程

Fig.7 Flowchart of point track

点迹相关后的目标用 Matlab 仿真,如图 8 所示。

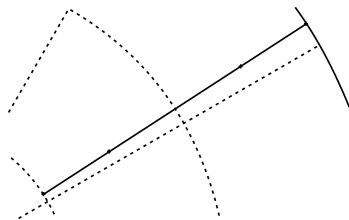


图 8 点迹相关后的目标点迹

Fig.8 Target's point track after point track correlation

从图 8 中可以看出,现在的目标只有一个点了,利用这点单一点迹,将每圈询问中相同应答码的目标连起来,就可以很方便地为目标建立航迹了。

5 实际应用中的表现

把这种方法用在实际应用中也可以很好地得到

目标的航迹。如图 9 所示,二次雷达对空中多个目标进行识别,在二次雷达边上有几个高塔会造成反射,而且在 50 m 外还有另一个二次雷达会造成串扰。在这种多干扰的恶劣环境下使用本方法依然成功地剔除了各种干扰,并清晰形成了各自的航迹显示在雷达的显示屏上。

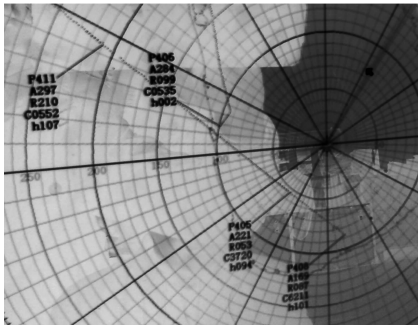


图 9 多目标航迹
Fig.9 Multi-target path

6 结束语

本文从信号脉冲入手,通过分析各种情况下的脉冲,结合二次雷达信号的特点,提出了一种自制的处理方法,该方法可以在非常复杂的环境中对多目标进行处理,并在实际工程中得到了应用和验证。由于多目标的信号十分复杂,对于目标信号完全重合等情况,在现阶段还无法进行处理,相信通过对接收机、AD 处理的提高、信号调制方式的改进以及在

后期再加入航迹处理,将能处理更多更复杂的目标。

参考文献:

[1] 黄成芳.二次雷达信号处理[R]. 成都:中国西南电子技术研究所, 2005.
HUANG Cheng – fang. Secondary Surveillance Radar Signal Process[R]. Chengdu: Southwest China Institute of Electronic Technology, 2005. (in Chinese)

[2] ICAO. Manual on the Secondary Surveillance Radar (SSR) Systems[M]. [S. l.]: International Civil Aviation Organization, 2004.

[3] 贾一凡,谢俊好.传统单脉冲角分辨力统计分析[J].微计算机信息, 2009, 25(4): 308 – 309.
JIA Yi – fan, XIE Jun – hao. Statistical Analysis of Angular Resolution for Monopulse[J]. Control and Automation, 2009, 25(4): 308 – 309. (in Chinese)

[4] 赵恩来,改进的基于密度的航迹聚类算法[J]. 计算机工程, 2011, 37(9): 270 – 272.
ZHAO En – lai, Improved Track Clustering Algorithm Based on Density[J]. Computer Engineering, 2011, 37(9): 270 – 272. (in Chinese)

作者简介:

唐大宇(1978—),男,四川成都人,2001 年获学士学位,现为工程师,主要研究方向为二次雷达数字信号处理。

TANG Da – yu was born in Chengdu, Sichuan Province, in 1978. He received the B. S. degree in 2001. He is now an engineer. His research concerns the digital signal processing for the secondary radar systems.

Email: iceshadowcn@163.com