

张静克, 代大海, 邢世其, 等. SAR 脉内分段排序和脉间间歇采样复合转发干扰[J]. 电波科学学报, 2015, 30(2): 224-231. doi: 10.13443/j.cjors. 2014042802

ZHANG Jingke, DAI Dahai, XING Shiqi, et al. A composite repeating jamming method for SAR based on in-pulse separation and reordering and interpulse intermittent sampling[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2015, 30(2): 224-231. (in Chinese). doi: 10.13443/j.cjors. 2014042802

SAR 脉内分段排序和脉间间歇采样复合转发干扰

张静克 代大海 邢世其 肖顺平 王雪松

(国防科学技术大学 电子信息系统复杂电磁环境效应国家重点实验室, 湖南 长沙 410073)

摘要 提出一种新的合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar, SAR)复合转发干扰。该方法巧妙结合了脉内分段排序和脉间间歇采样转发两种干扰技术,其干扰实施流程为:干扰机对截获的 SAR 信号全脉冲接收存储,并对其进行分段以及适当的排序,在接下来的一个或多个脉冲重复周期内转发给雷达形成干扰。基于 SAR 信号模型研究了该干扰对 SAR 的干扰原理,进一步分析了干扰效果与关键干扰参数之间的关系,并利用仿真进行了验证。研究表明,根据参数设置的不同,该方法能够在 SAR 图像中形成二维欺骗干扰或压制干扰。

关键词 合成孔径雷达;脉内分段排序;脉间间歇采样;二维欺骗干扰;压制干扰

中图分类号 TN95 **文献标志码** A **文章编号** 1005-0388(2015)02-0224-08

A composite repeating jamming method for SAR based on in-pulse separation and reordering and interpulse intermittent sampling

ZHANG Jingke DAI Dahai XING Shiqi XIAO Shunping WANG Xuesong

(State Key Laboratory of Complex Electromagnetic Environment

Effects on Electronics and Information System,

National University of Defense Technology, Changsha Hunan 410073, China)

Abstract A novel composite repeating jamming method for synthetic aperture radar (SAR) is proposed, which combines in-pulse separation and reordering with interpulse intermittent sampling subtly. The basic idea is as: firstly storing the SAR pulse completely, then separating, reordering the stored signal, finally transmitting the stored signal in the next one or several pulse repetition periods to the radar. Based on the signal models of SAR, principles of the jamming are derived. Then, the relationship between key jamming parameters and the effect is analyzed. Furthermore, the conclusion is verified via simulation. The result shows that the jamming can produce two-dimensional deceptive jamming or suppression jamming according to well configured the key jamming parameters.

Key words synthetic aperture radar (SAR); in-pulse separation and reordering; interpulse intermittent sampling; two-dimensional deceptive jamming; suppression jamming

收稿日期: 2014-04-28

联系人: 张静克 E-mail: zhangjk1025@163.com

引言

合成孔径雷达 (Synthetic Aperture Radar, SAR) 作为一种先进的微波对地探测设备,能够全天候、全天候地获取高分辨雷达图像,在战场监视、地理遥感以及目标识别等领域应用广泛^[1-3]. 相应地,有效地干扰 SAR 雷达系统,已成为当前提高己方重要军事目标地面生存能力的紧迫需求之一.

由于 SAR 具有二维相干处理增益^[4],能够有效地抑制非相干干扰^[5-8],因此对 SAR 干扰优先考虑相干干扰. 目前基于数字射频存储器 (Digital Radio Frequency Modulator, DRFM) 的相干转发干扰^[9-15]能够高保真模仿雷达波形,干扰信号能够获得与真实 SAR 信号相当的处理增益,在距离向或方位向产生相干假目标. 然而基于 DRFM 的延时转发干扰^[10]只能在 SAR 距离向产生滞后于实际目标的假目标,容易被雷达采用脉冲前沿跟踪等方法鉴别. 基于 DRFM 的间歇采样转发干扰^[11-12]能够在 SAR 距离向能够产生超前或滞后的假目标,但是干扰的功率利用率低且在实现时需快速切换射频收发开关. 文献^[13-14]提出了一种基于 DRFM 的脉内分段排序转发干扰,该干扰通过 DRFM 对雷达信号全脉冲接收然后均匀分段并重新排序转发,无需其他干扰调制即可在距离向产生多个虚假目标,假目标输出时延仅与转发信号次序和原始雷达信号次序之差有关. 然而该干扰信号相对于目标信号至少延迟了一个脉冲宽度,与延时转发一样,当雷达采用脉冲前沿跟踪处理方式时,可以识别虚假目标. 文献^[15]提出了一种基于 DRFM 的方位向间歇采样转发干扰方法,该干扰方法通过脉间分时收发且无需其他调制即可在方位向产生虚假目标,且在不考虑干扰机系统延迟的情况下,假目标的距离向位置可与真实目标保持一致,能够有效地对抗脉冲前沿跟踪处理技术.

针对脉内分段排序转发干扰的不足,本文提出一种 SAR 脉内分段排序和脉间间歇采样复合转发干扰,该方法能够便捷地形成二维欺骗干扰或压制干扰,为多假目标欺骗干扰或压制干扰提供一种新的实现思路. 论文首先建立了 SAR 脉内分段排序和脉间间歇采样复合转发干扰的信号模型,并利用距离多普勒成像方法得到干扰的输出结果;分析了关键参数与干扰效果之间的关系;通过仿真进行了验证.

1 SAR 脉内分段排序和脉间间歇采样复合转发干扰信号模型

1.1 SAR 脉内分段排序转发干扰模型

设 SAR 发射信号为线性调频信号为

$$s(\tau, \eta) = \text{rect}\left(\frac{\tau}{T_p}\right) \exp\{j2\pi f_c t + j\pi k_r \tau^2\}. \quad (1)$$

式中: τ 为距离向快时间; η 为方位向慢时间; T_p 为脉冲宽度; f_c 为载频; k_r 为调频斜率. 全时间 $t = \tau + \eta$, 则发射信号的带宽 $B = |k_r T_p|$.

以机载正侧视 SAR 为例, SAR 干扰场景如图 1 所示, 载机以速度 V_s 飞行, 干扰机位于 SAR 观测带中, 其最小斜距为 R_j , 方位向位置为 0. SAR 到干扰机的双程时延为 $\tau_d(\eta) = 2\sqrt{R_j^2 + (V_s \eta)^2}/c$, 则干扰机截获的 SAR 信号去载频后为

$$s_1(\tau, \eta) = \text{rect}\left(\frac{\tau - \tau_d(\eta)/2}{T_p}\right) \exp\left\{-j\pi f_c \tau_d(\eta) + j\pi k_r \left(\tau - \frac{\tau_d(\eta)}{2}\right)^2\right\}. \quad (2)$$

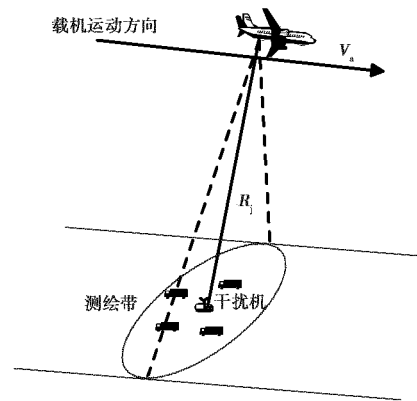


图1 SAR 干扰场景示意图

将干扰机所截获信号按照图 2 所示在脉内分成 N 段等长的信号为

$$s_2(\tau, \eta) = \sum_{i=1}^N \text{rect}\left(\frac{\tau - \tau_i}{T_p/N}\right) \exp\left\{-j\pi f_c \tau_d(\eta) + j\pi k_r \left(\tau - \frac{\tau_d(\eta)}{2}\right)^2\right\}, \quad (3)$$

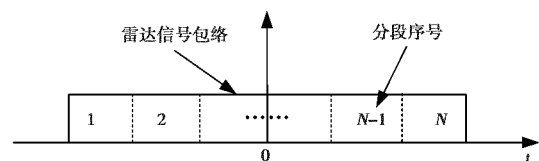


图2 脉内分段排序干扰原理示意图

$\tau_i = -\frac{T_p}{2} - \frac{T_p}{2N} + \frac{iT_p}{N} + \frac{\tau_d(\eta)}{2}$ 表示第 i 段信号中心时刻相对于 SAR 初始信号中心时刻的时延。然后根据干扰需要对存储信号重新排序,假设重新排序后的第 k 段信号对应原始信号中的第 i 段信号,则干扰机存储信号为

$$s_3(\tau, \eta) = \sum_{k=1}^N \text{rect}\left[\frac{\tau - \tau_k}{T_p}\right] \exp\{-j\pi f_c \tau_d(\eta)\} \cdot \exp\left\{j\pi k_r \left(\tau - \frac{(k-i)T_p}{N} - \frac{\tau_d(\eta)}{2}\right)^2\right\}, \quad (4)$$

式中, $i = 1, 2, \dots, N$ 。

1.2 SAR 脉间间歇采样转发干扰模型

脉间间歇采样信号为图 3 所示矩形脉冲串,可表示为

$$p(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{T_w}\right) * \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(t - nT_s). \quad (5)$$

式中: T_w 为采样脉冲脉宽,通常要求 $T_p < T_w = T$ (T 为 SAR 信号脉冲重复周期); T_s 为间歇采样周期,通常有 $T_s = MT$ (M 为正整数且 $M \geq 2$)。

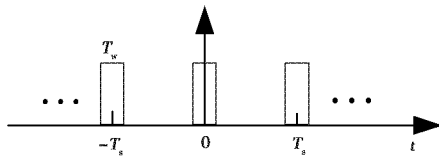


图3 脉间间歇采样脉冲串

对式(4)中信号以图3方式进行间歇采样可得

$$s_4(\tau, \eta) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \text{rect}\left(\frac{t - nT_s}{T_w}\right) \sum_{k=1}^N \text{rect}\left[\frac{\tau - \tau_k}{T_p}\right] \cdot \exp\left\{-j\pi f_c \tau_d(\eta) + j\pi k_r \left(\tau - \frac{(k-i)T_p}{N} - \frac{\tau_d(\eta)}{2}\right)^2\right\}. \quad (6)$$

设干扰机系统延迟为 τ_i ,按照如下工作流程:在接下来的 $M-1$ 个脉冲到来时,干扰机均向 SAR 转发式(6)所示信号,再对下一个采样周期内的脉冲串进行相同的采样、转发,直到整个合成孔径时间结束,可得 SAR 接收到的干扰信号去载频后为

$$s_j(\tau, \eta) = A_j \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \text{rect}\left(\frac{t - nT_s - mT}{T_w}\right) \cdot \exp\{-j2\pi f_c (\tau_m(\eta) + \tau_i)\} \cdot \sum_{k=1}^N \text{rect}\left[\frac{\tau - \tau'_k}{T_p}\right] \cdot \exp\{j\pi k_r (\tau -$$

$$\tau_{km})^2\}. \quad (7)$$

式中: $\tau_m(\eta) = \tau_d(\eta) + \tau_d(\eta - mT)/2$ 表示某一间歇采样转发周期中第 m 组干扰的传播时延; $\tau'_k = -T_p/2 - T_p/2N + kT_p/N + \tau_m(\eta) + \tau_i$ 为第 m 组转发干扰中第 k 段信号的时延; $\tau_{km} = (k-i)T_p/N + \tau_i + \tau_m(\eta)$; A_j 为干扰信号幅度。

2 干扰信号的 SAR 成像特性分析

利用距离多普勒成像方法对干扰信号进行成像处理.首先进行距离向匹配滤波可得^[4]

$$s_j(\tau, \eta) = \frac{A_j \sqrt{BT_p}}{N} \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \text{rect}\left(\frac{t - nT_s - mT}{T_w}\right) \cdot \sum_{k=1}^N \text{sinc}\left(\frac{B}{N}(\tau - \tau_{km})\right) \exp\{-j2\pi f_c \cdot (\tau_m(\eta) + \tau_i)\} \cdot \exp\left\{-j2\pi \left(\frac{B}{2} - i\frac{B}{N} + \frac{B}{2N}\right)(\tau - \tau_{km})\right\}. \quad (8)$$

对式(8)进行距离迁徙校正可得

$$s_j(\tau, \eta) = \frac{A_j \sqrt{BT_p}}{N} \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{k=1}^N \text{sinc}\left(\frac{B}{N}(\tau - \tau_{kj})\right) \cdot \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \text{rect}\left(\frac{\eta - nT_s - mT}{T_w}\right) \cdot \exp\left\{j\pi k'_a \left(\eta - \frac{mT}{2}\right)^2\right\}. \quad (9)$$

式中: $\tau_{kj} = (k-i)T_p/N + 2R_0/c + \tau_i$ 表示 k 段信号生成的假目标的距离向输出时延; $\text{sinc}\left(\frac{B(\tau - \tau_{kj})}{N}\right)$

为假目标的距离向包络,与理想点目标相比,假目标的距离向分辨率降低了 N 倍; $k'_a = -2f'_c V_a^2/cR_j$ 为第 k 段信号的方位向调频率,其中 $f'_c = f_c - (B/2 - iB/N + B/2N)$ 对式(9)进行方位向匹配滤波可得

$$s_j(\tau, \eta) \approx \frac{A_j \sqrt{BT_p}}{N} \sum_{k=1}^N \text{sinc}\left(\frac{B}{N}(\tau - \tau_{kj})\right) \cdot \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{D \text{sinc}(nD)}{\sqrt{k'_a}} \frac{\left(B_a - \left|\frac{n}{T_s}\right|\right)}{B_a} \cdot \int_{-\frac{B_a}{2}}^{\frac{B_a}{2}} \exp\left(-j\pi \frac{\Delta k_a}{k'_a} f_\eta^2 + j2\pi f_\eta \left(\eta - \left(\frac{mT}{2} - \frac{n}{k'_a T_s}\right)\right)\right) df_\eta. \quad (10)$$

式中: $D = T_w/T_s$ 表示脉间间歇采样信号的占空比; $\Delta k_a = k'_a - k_a$ 表示方位向信号调频率 k'_a 与方位向匹配滤波器的调频率 $k_a = -2f_c V_a^2/cR_0$ 的失配误差, R_0 为 SAR 成像场景中心斜距; B_a 为方位向带

宽. 由文献[4]可知匹配滤波时调频率失配并不会改变方位向压缩峰值的输出位置, 也即方位向假目标的输出时刻仍然为 $mT/2 - n/k'_a T_s$, 但是其会造成假目标的方位向主瓣展宽以及旁瓣升高.

由式(10)可得干扰的 SAR 成像结果表现为多个幅度不等、分布有规律的二维假目标, 其中第 k 段信号产生的假目标的距离向位置、方位向位置和幅度分别为:

$$r_{kj} = R_j + \left(\frac{(k-i)T_p}{N} + \tau_i \right) \frac{c}{2}; \quad (11)$$

$$x_{k,m,n} = \left(\frac{mT}{2} - \frac{n}{k'_a T_s} \right) V_a; \quad (12)$$

$$A_{k,m,n} = \frac{A_j \sqrt{BT_p} D \text{sinc}(nD) \left(B_a - \left| \frac{n}{T_s} \right| \right)}{N \sqrt{|k'_a|}}. \quad (13)$$

式中, x_j 为干扰机的方位向位置. 由式(11)可知转发干扰中第 k 段信号生成的假目标距离向位置一致, 由排序转发前后的序号之差 $(k-i)$ 以及分段数决定, 若不考虑干扰机系统时延, 当 $(k-i) < 0$ 时假目标的位置将超前干扰机.

由式(12)可知转发干扰中第 k 段信号同组转发产生的假目标沿方位向以 $\Delta x = -V_a/k'_a T_s$ 等间隔分布, 间隔与脉间间歇采样周期 T_s 成反比, 和方位向信号调频率 k'_a 成反比, 与阶数 n 无关. 相邻组转发干扰产生的同阶假目标之间的间隔为 $V_a T/2$.

由式(13)可知, 当 $D \sin(nD) = 0$ 或 $|n/T_s| \geq B_a$ 时, 则无干扰输出, 因此可确定每段干扰信号对应的方位向假目标个数应满足下式:

$$N_{um} \leq (M-1)(2\text{floor}(B_a T_s) + 1), \quad (14)$$

$\text{floor}(\cdot)$ 表示“往小取整”函数. 由式(14)可知脉间间歇采样周期越大, 转发组数越多, 形成的假目标个数也就越多.

3 关键参数对干扰效果的影响

由上节分析可知, 假目标与干扰信号的分段数、转发顺序、脉间间歇采样周期以及占空比等有关. 下面对每个参数对干扰效果的影响进行详细分析.

由式(10)、(11)、(12)和(13)可知, 干扰信号的分段转发顺序对假目标的幅度、距离向位置、距离向分辨率、方位向位置、方位向间隔以及干扰在距离向形成的假目标的个数均有影响. 当信号的转发次序为完全逆序时, 转发干扰沿距离向形成 N 组以 cT_p/N 等间隔分布的假目标, 此时假目标的个数最多, 与理想点目标相比, 假目标的距离向分辨率降低

了 N 倍. 当转发干扰信号中存在原始雷达信号中相邻的多段信号 $(i-1, i, \dots)$ 被依次转发 $(k-1, k, \dots)$ 的情况, 则多段信号生成的假目标距离向输出位置相同, 即多段信号生成的一段假目标, 该段假目标的距离向分辨率提高, 幅度增加, 相应的假目标的个数就会减少. 又由每段干扰信号对应的方位向调频率 k'_a 不同, 则不同段信号产生的假目标的幅度、方位向位置和方位向间隔均不相同, 每段干扰信号对应的转发前的序号 i 越大, 该段信号的方位向调频率 $|k'_a|$ 越大, 则该段信号产生的假目标幅度越小, 假目标的方位向主瓣越宽, 距干扰机的方位向偏移量越小, 同组假目标的方位向间隔 Δx 越小.

由式(10)、(11)和(13)可知, 转发干扰信号的分段数主要对距离向假目标个数、距离向位置、距离向分辨率以及幅度有影响. 特别地, 当转发干扰完全逆序转发时, 干扰信号分段数越多, 其形成的距离向假目标段数就越多, 相邻假目标的距离向间隔就越小, 距离向分辨率越低, 假目标的幅度越小. 由 $T_w = T$ 以及 $T_s = MT$ 可知, 对于脉间间歇采样信号, 当采样周期 T_s 确定后, 其占空比和转发组数也随之确定了, 即 T_s 越大, 占空比越小, 转发组数越多. 由式(12)可知 T_s 与每段信号形成的假目标的方位向偏移以及同组假目标的间隔成反比, 与假目标的个数成正比. 由式(13)可知, 占空比越大即 T_s 越小时, 每段信号产生的假目标的幅度与占空比成正比, 非 0 阶假目标相对 0 阶假目标的幅度比与占空比成反比. 由式(10)和式(12)可知, 当 $M = 2$ 时即单组干扰时, 每段干扰信号形成沿方位向等间隔分布的单组假目标列; 当 $M > 2$ 为多组干扰时, 每段干扰信号形成多组假目标列, 每组假目标沿方位向等间隔分布, 相邻假目标列之间的方位向间隔小于 $V_a/2B_a$, 即多组假目标会耦合在一起, 无法分辨, 从而形成方位向短距离跨度的覆盖式干扰效果, 假目标幅度也因各组假目标列的耦合、混叠等出现一定的起伏.

4 仿真验证与分析

本节通过仿真对脉内分段排序和脉间间歇采样复合转发干扰的干扰效果进一步的分析和验证. SAR 系统参数如表 1 所示. 成像场景的距离向和方位向范围分别为 $[4\ 850\ \text{m}, 5\ 150\ \text{m}]$ 和 $[-150\ \text{m}, 150\ \text{m}]$, 干扰机位于场景中心 $(0, 5\ 000\ \text{m})$ 处, 在干扰机处设置一个参考点目标, 不考虑干扰机的系统延迟, 干信比为 10 dB.

表1 SAR系统参数

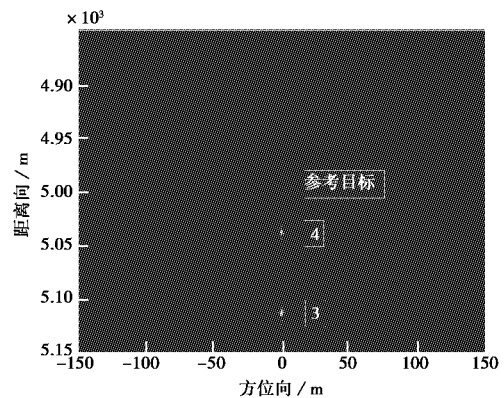
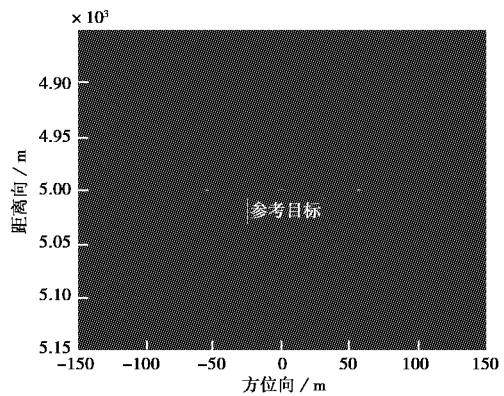
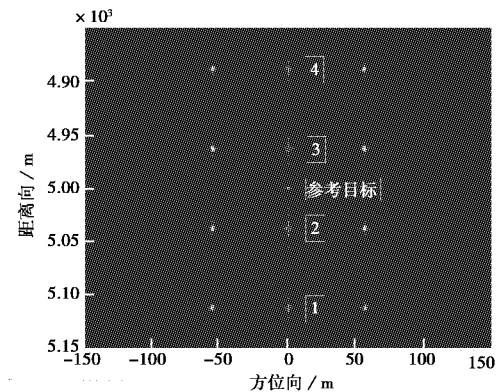
系统参数	取值
载频	10 GHz
信号带宽	150 MHz
信号脉宽	1 μ s
中心斜距	5 km
方位向天线孔径	2 m
脉冲重复频率	150 Hz
载机飞行速度	100 m/s
多普勒带宽	100 Hz

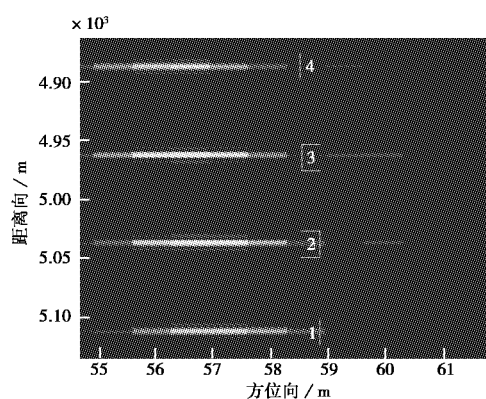
图4给出了复合转发干扰与单种干扰的效果对比,仿真中分段数为4,转发顺序为完全逆序,脉间间歇采样周期为 $T_s=2T$,即单组转发.由于分段排序转发干扰相对于目标信号延迟了一个脉冲宽度,因此其形成假目标的位置要滞后于参考目标,如图(a)图所示,由于场景的限制只能观测到第3和4段信号形成的假目标.由(b)图可知脉间间歇采样转发干扰能够沿方位向产生虚假目标,而且假目标的距离向位置与参考目标相同,但是其无法在距离向形成多假目标.(c)图是复合转发干扰效果图,形成了二维欺骗点假目标,其中假目标的距离向间隔 $cT_p/4=75$ m,第3和4段信号形成假目标的距离向位置超前干扰机,第1和2段信号形成假目标的距离向位置落后干扰机,此时雷达难以利用脉冲前沿跟踪处理技术识别假目标;由 $T_s=2T$ 可知 $f_s=f_{PR}/2$,则由式(14)可知每段信号在方位向形成的假目标数目为3,非0阶假目标的幅度低于0阶假目标的幅度.(d)图给出了右侧一列假目标的局部放大图,可以从图中观测到不同段假目标的方位向偏移以及方位向间隔存在细微的差异,与该段信号在原始信号中的序号成反比.

图5给出了不同参数下复合转发干扰效果对比图.图5(a)中由于存在依次转发的情况,因此转发干扰信号沿距离向形成了3段假目标,其中第1、2段形成了一段假目标,该段假目标的幅度大于第3、4段形成的假目标,其分辨率也优于第3、4段形成的假目标,每段假目标的距离向偏移与分段排序转发前后的序号差成正比.由图4(c)和图5(a)对比可知当分段数相同时,完全逆序转发形成的点假目标个数最多.

图5(b)中,由于是完全逆序转发,形成了沿距离向等间隔分布的4段假目标,距离向间隔为75 m.由 $T_s=17T$ 可知,该转发干扰经过16次转发,每段干扰信号在方位向形成16组假目标列,每组假目标的最大个数为23个,由于高阶假目标的幅度较

低,因此只能观测到较低阶的假目标;又由于多组假目标耦合在一起,因此无法从图像中分辨出多组假目标,最后一组和第一组同阶假目标的方位向偏移可近似为假目标的扩展长度,由图5(c)可以看出同阶假目标经过耦合后扩展长度约为5 m,这与理论值吻合.由图4(c)和图5(b)对比可知,当分段数相同时,随着间歇采样周期的增大,假目标的数目增多,在方位向形成耦合,具有一定的覆盖干扰效果,间歇采样周期越大,覆盖效果越明显.

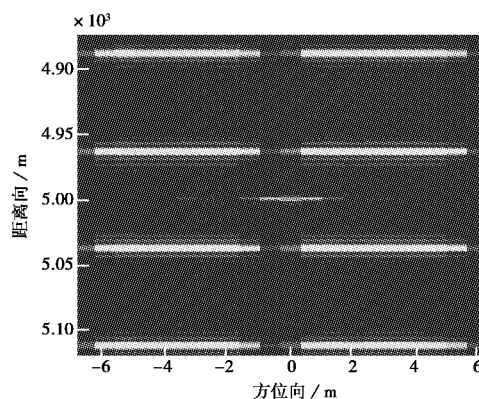
(a) 分段排序转发干扰($N=4$,完全逆序)(b) 脉间间歇采样转发干扰($T_s=2T$)(c) 复合转发干扰1($N=4$,完全逆序, $T_s=2T$)



(d) 图(c)局部放大图

图4 复合转发干扰与单种干扰效果对比图

由图 5(d)可知随着分段数和间歇采样周期的增加,形成的假目标的数目增多,距离向、方位向间隔减小,假目标的二维分辨率降低,在距离向和方位向均出现耦合,形成压制式干扰图像.由于分段数和间歇采样周期的增加会导致假目标幅度的下降,因此要形成有效的压制干扰,需要依据实际情况,根据式(13)选择合适的分段数、间歇采样周期和干扰发射功率,这属于干扰实施策略问题,不影响本文理论



(c) 图(b)局部放大图

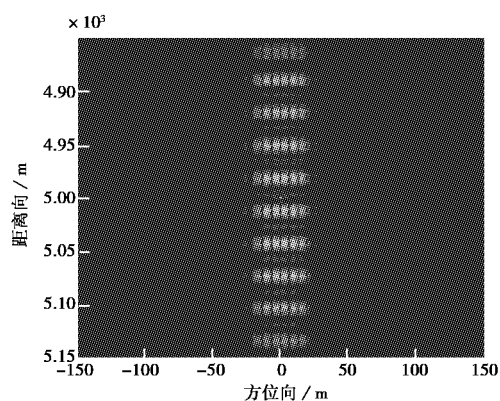
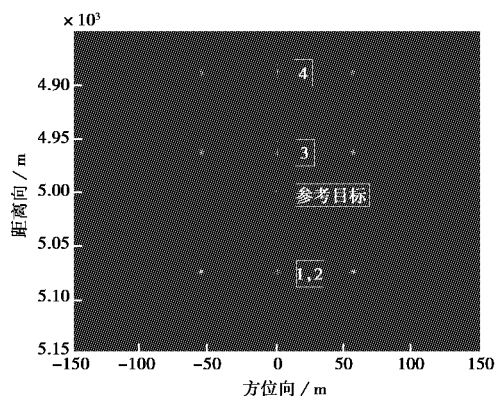
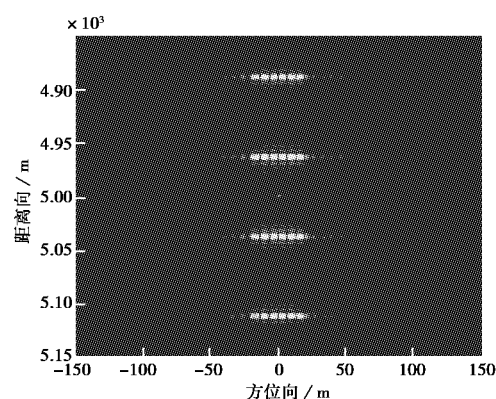
(d) 复合转发干扰 4 ($N=10$, 完全逆序, $T_s=17T$)

图5 不同参数复合转发干扰效果图

(a) 复合转发干扰 2 ($N=4$, 次序: 4312, $T_s=2T$)(b) 复合转发干扰 3 ($N=4$, 完全逆序, $T_s=17T$)

分析的正确性,因此不再赘述.

5 结论

本文提出一种 SAR 脉内分段排序和脉间间歇采样复合转发干扰,理论分析和仿真验证均表明该干扰对干扰机截获信号进行分段排序以及脉间间歇采样转发而无需其他干扰调制,即可在 SAR 图像的特定区域内形成多个幅度不同、分布有规律的二维假目标.假目标的距离向位置可以超前真实目标,有效解决了分段排序转发干扰假目标滞后的问题,而且可以根据干扰参数的不同形成二维欺骗干扰和压制干扰,是一种简单、高效的 SAR 干扰方法.

参考文献

- [1] LEE J S, POTTIER E. Polarimetric Radar Imaging: from Basis to Applications[M]. Florida: CRC Press, 2009.
- [2] 张波,王超,张红,等. Radarsat-2 全极化 SAR 车辆目标典型方位特性分析[J]. 电波科学学报, 2010, 25(6): 1135-1139+1233.

- ZHANG Bo, WANG Chao, ZHANG Hong, et al. Radarsat-2 qual-pol SAR image signature analysis of road trucks [J]. Chinese Journal of Radio Science, 2010, 25(6): 1135-1139+1233. (in Chinese)
- [3] 顾福飞, 张 群, 梁 颖, 等. 基于压缩感知的地面运动目标成像方法[J]. 电波科学学报, 2013, 28(4): 764-770.
GU Fufei, ZHANG Qun, LIANG Ying, et al. Imaging method of ground moving targets based on compressed sensing[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2013, 28(4): 764-770. (in Chinese).
- [4] CUMMING I G, WONG F H. Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data: Algorithms and Implementation [M]. London: Artech House, 2005.
- [5] SCHLEHER D C. Electronic Warfare in the Information Age [M]. London: Artech House, 1999: 201-292.
- [6] SCOTTED B J. Digital radio frequency memory linear range gate stealer spectrum[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2003, 39(2): 725-735.
- [7] 李 兵, 洪 文. 合成孔径雷达噪声干扰研究[J]. 电子学报, 2004, 32(12): 2035-2037.
LI Bing, HONG Wen. Study of noise jamming to SAR[J]. Acta Electronica Sinica, 2004, 32(12): 2035-2037. (in Chinese)
- [8] 黄洪旭, 黄知涛, 周一宇. 对合成孔径雷达的步进移频干扰[J]. 宇航学报, 2006, 27(3): 463-468.
HUANG Hongxu, HUANG Zhitao, ZHOU Yiyu. A Study on the shift-frequency jamming to SAR [J]. Journal of Astronautics, 2006, 27(3): 463-468. (in Chinese)
- [9] 刘业民, 刘 忠, 代大海, 等. 散射波干扰对合成孔径雷达成像干扰效果的分析[J]. 电波科学学报, 2011, 26(2): 400-413.
LIU Yemin, LIU Zhong, DAI Dahai, et al. Analysis of jamming effect on scatter wave jamming to SAR imaging[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2011, 26(2): 400-413. (in Chinese)
- [10] 刘 忠. 基于 DRFM 的线性调频脉冲压缩雷达干扰新技术[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2006.
LIU Zhong. Jamming Technique for Countering LFM Pulse Compression Radar Based on Digital Radio Frequency Memory[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2006. (in Chinese)
- [11] 王雪松, 刘建成, 张文明, 等. 间歇采样转发干扰的数学原理[J]. 中国科学 E 辑: 信息科学, 2006, 36(8): 891-901.
WANG Xuesong, LIU Jiancheng, ZHANG Wenming, et al. Mathematical principles of intermittent sampling repeater jamming [J]. Science in China, Series E: Information Sciences, 2006, 36(8): 891-901. (in Chinese)
- [12] 吴晓芳, 王雪松, 卢焕章. 对 SAR 的间歇采样转发干扰研究[J]. 宇航学报, 2009, 30(5): 2043-2048.
WU Xiaofang, WANG Xuesong, LU Huanzhang. Study on intermittent sampling repeater jamming to SAR[J]. Journal of Astronautics, 2009, 30(5): 2043-2048. (in Chinese)
- [13] 潘小义, 王 伟, 冯德军, 等. 基于全脉冲分段转发的 LFM 雷达干扰方法[J]. 国防科技大学学报, 2013, 35(3): 119-125.
PAN Xiaoyi, WANG Wei, FENG Dejun, et al. Repeat jamming against LFM radars based on pulse separation[J]. Journal of National University of Defense Technology, 2013, 35(3): 119-125. (in Chinese).
- [14] 潘小义, 王 伟, 冯德军, 等. 对成像雷达的脉冲分段排序转发干扰[J]. 国防科技大学学报, 2014, 36(1): 74-81.
PAN Xiaoyi, WANG Wei, FENG Dejun, et al. Jamming imaging radars based on pulse separation and retransmission[J]. Journal of National University of Defense Technology, 2014, 36(1): 74-81. (in Chinese).
- [15] 吴晓芳, 柏仲干, 代大海, 等. 对 SAR 的方位向间歇采样转发干扰[J]. 信号处理, 2010, 26(1): 1-6.
WU Xiaofang, BAI Zhonggan, DAI Dahai, et al. Azimuth intermittent sampling repeater jamming to SAR [J]. Signal Processing, 2010, 26(1): 1-6. (in Chinese)

作者简介



张静克 (1988—), 男, 河南人, 国防科技大学电子科学与工程学院博士研究生, 主要研究方向为合成孔径雷达信号处理以及对抗。



代大海 (1980—), 男, 河南人, 国防科技大学电子科学与工程学院副研究员, 硕士生导师, 主要研究方向为极化雷达成像、雷达信号处理与目标识别以及合成孔径雷达对抗。



邢世其 (1984—), 男, 江西人, 国防科技大学电子科学与工程学院讲师, 主要研究方向为极化雷达成像、雷达信号处理以及合成孔径雷达对抗。



王雪松 (1972—), 男, 内蒙古人, 国防科技大学电子科学与工程学院教授, 博士生导师, 主要研究方向为雷达目标识别、新体制雷达技术。



肖顺平 (1964—), 男, 江西人, 国防科技大学电子科学与工程学院教授, 主要研究方向为极化信息处理、雷达目标识别、综合电子战信息战。

2015 International Conference On Communication Problem-Solving

ICCP 2015

16-18 October, 2015, Guilin City of Guangxi, China <http://www.ic-cp.org/2015>



Committee

Honorary Chairs

Leopold Li, UESTC
Wei Hong, SEU
Dominique Schreurs, KU-Leuven
Smith Li, GXUST

General Chairs

Zhenhai Shao, UESTC
Hsien-Chin Chiu, CGU
Guangxing Tao, GXUST

International Steering Chairs

Masayuki Fujise, NIST
Zhizhang Chen, DALHOUSIE
Magdalena S. Palma, UPM
Yilong Lu, NTU
Rumin Xu, UESTC
Cheng Liao, SWJTU
Xing Chen, SCU
Yanbing Liu, CQUPT
Wenguang Luo, GXUST

Technical Program Chairs

Wendong Xia, USTB
Xiaowei Zhu, SEU
Weibao Zeng, GXUST

Publicity Chairs

Weixia Zou, BUPT
Lan Zhou, CHFFAN
Liang Cai, GXUST

Invited & Special Session Chairs

Yulan Cheng, UESTC

Track Chairs

Jehoi Chen, CGU
Yongjun Guo, NUS
Pei Liu, HUAWAI
Xiaoteng Li, UESTC
Hongding Zhou, SEU
Yijun Kuang, UESTC
Shaobin Liu, NJU
Wai-Wa Choi, UM
Jixin Chen, SEU
Pan-tian Huang, CGU
Nirmalya Roy, UMBC
Zhiqiang Zhang, ICL
Changjiang You, UESTC
Hui Chen, UESTC
Weiping Cao, GUET
Yuan Luo, CQUPT
Chenghua Liang, GXUST

Exhibition Chairs

Yifeng Guo, GXUST

Publication Chair

Prof. Mengqi Zhou, IEEE Beijing Section

Secretary

Angeli Chang, CGU
Yifeng Guo, GXUST
Jiayan Weng, GXUST

Web Master

Kaihua Gu, SEU
Shuyuan Li, GXUST

Conference Services

No. 2005, Xiyuan Road, West High-Tech
Zone, Chengdu, China
PHONE: +86-28-61830609
FAX: +86-28-61830603
Email: secretary@ic-cp.org

First Call For Papers

Building on its previous successes, the International Conference on Computational Problem-Solving (ICCP) is now renamed as the International Conference on Communications Problem-Solving (ICCP) to focus on solutions to problems and challenges arising in the areas of modern communications, radar and sensor areas technologies. In conjunction with the 2015 High Speed Intelligent Communication Forum (HSIC 2015), ICCP2015 will be held in 16-18 October, 2015 in Guilin City of Guangxi, China. The conference will feature keynote speeches, tutorials, regular papers, invited and special sessions, industrial exhibitions, as well as the best student paper award. The proceedings of ICCP 2015 will be included in the IEEE Explore database and indexed by EI Compendex.

Authors are invited to submit technical papers in the topics including but not limited to:

Conference Topics

A RF Circuit and Subsystem

Small Antenna, Planar/reflect antenna array, MCM, LCP/LTCC technologies, System on package, Subsystem integration, Passive device/circuits design and modeling, Active device/circuits design and modeling, RFIC & MMIC based on GaN/SiGe/RF-CMOS, PLL technologies, High speed/high bits ADC/DAC, broadband/high power amplifier, etc.

B Signal Process Technology

Channel modeling, Signal Processing technologies for Link/Access Communication Systems, Signal Processing for Radar and sensor Systems, Compressive Sensing, Sparse Signal Processing, Waveform Diversity and Design, Adaptive Antennas and Beamforming, MIMO or SAR imaging signal processing, 2D/3D Image/video signal processing

C Networks

Ad hoc, Body Area, Sensor and Mesh Networks, Wireless Multimedia Networks, Internet of Things, Network Measurement and Monitoring Techniques, Multimode Wireless Networks, Next-generation Networking Architectures, Network Design, Planning and Economics, Network Protocols, Applications & Services, Next-Generation Access Networking

D Application

B3G/4G/5G Systems, WIMAX, LMDS, WLAN and WPAN, Multi-Hop and Cooperative Communications, Cognitive Radio and Software Defined Radio, Satellite & Space Communications, Multimedia Communications, Robustness and Resilience, Green Communications, Mobile and Pervasive Computing, UWB Communications, Internet of Thing, 60GHz/E-band/Q-band communication system, X-band/Ka-band/W-band radar system.

IMPORTANT DATE

Proposal for Invited/Special Session	1 May, 2015
Paper Submission Deadline	1 July, 2015
Acceptance Notification	1 August, 2015
Camera Ready	20 August, 2015
Registration deadline	1 September, 2015
Conference Time	16-18 October, 2015

Technical Sponsor:



Collaboration Publication Medias:



<http://www.ic-cp.org/2015> <http://www.emfield.org/iccp2015> <http://120.126.11.74/hsic2015> (下转第281页)