



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110412552 B

(45) 授权公告日 2023. 02. 17

(21) 申请号 201910657747.7

(22) 申请日 2019.07.20

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110412552 A

(43) 申请公布日 2019.11.05

(73) 专利权人 中国船舶重工集团公司第七二四  
研究所

地址 210003 江苏省南京市鼓楼区中山北  
路346号

专利权人 中国船舶重工集团有限公司

(72) 发明人 朱灿 王志刚 周亮

(51) Int. Cl.

G01S 13/04 (2006.01)

G01S 7/02 (2006.01)

G01S 7/41 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105652246 A, 2016.06.08

CN 105785330 A, 2016.07.20

CN 107561511 A, 2018.01.09

CN 106980110 A, 2017.07.25

CN 105259542 A, 2016.01.20

CN 108152796 A, 2018.06.12

CN 109507643 A, 2019.03.22

CN 107561502 A, 2018.01.09

US 6121914 A, 2000.09.19

审查员 朱亚雄

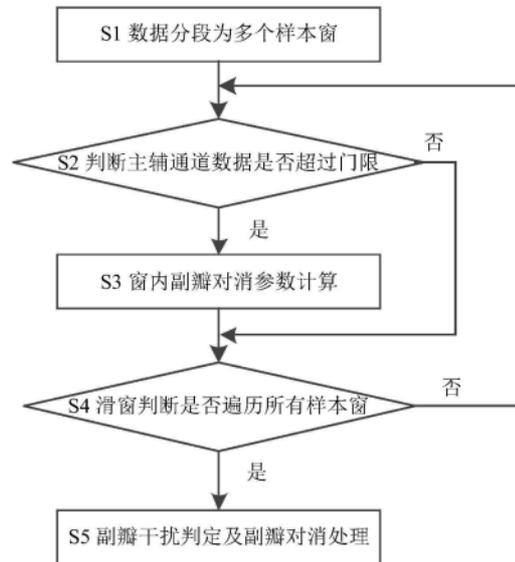
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种干扰样本自适应选择的副瓣对消方法

(57) 摘要

本发明涉及一种干扰样本自适应选择的副瓣对消方法。针对雷达难以实现副瓣对消自动开关的缺点,以及较难获取纯干扰数据计算对消权值的问题,通过将主通道与辅助通道数据回波分段为多个样本窗,对比各窗内主辅通道间互相关系数和功率比值,提出了一种干扰样本自适应选择的副瓣对消方法。该方法可以实现副瓣干扰有无的自动检测及干扰样本的自适应选取。具体步骤包括:数据分段为多个样本窗;判断主辅通道数据是否超门限;窗内副瓣对消参数计算;滑窗判断是否遍历所有样本窗;副瓣干扰判定及副瓣对消处理等过程。本发明可有效提升雷达副瓣干扰抑制的自动化程度,降低无干扰时启用副瓣对消的概率,提高复杂电磁环境下目标发现概率。



1. 一种干扰样本自适应选择的副瓣对消方法,其特征在于:

S1数据分段为多个样本窗:主辅通道回波数据分别分段为多个样本窗,副瓣干扰样本窗计数初始化为0;

S2判断主辅通道数据是否超过门限:计算样本窗内主通道与辅助通道互相关系数以及辅助通道与主通道的功率比值,判断是否超过门限;若两结果均超过门限,则样本窗中为纯副瓣干扰数据,转至步骤S3;否则,转至步骤S4;

S3窗内副瓣对消参数计算:干扰样本窗计数加1,计算窗内辅助通道间协方差矩阵和主辅通道互相关向量;

S4滑窗判断是否遍历所有样本窗:判断是否完成所有所述的样本窗内主副瓣干扰数据判别及副瓣对消参数计算;若为是,转至步骤S5;若为否,选取下一样本窗主辅通道数据,转至步骤S2;

S5副瓣干扰判定及副瓣对消处理:判断副瓣干扰样本窗计数的值;若为零,则说明无副瓣干扰,不做副瓣对消处理;若不为零,则利用得到的各窗内副瓣对消参数计算干扰对消权值,并进行副瓣对消处理。

## 一种干扰样本自适应选择的副瓣对消方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种压制式副瓣干扰抑制方法。

### 背景技术

[0002] 副瓣对消是一种常用的雷达抗有源干扰技术,雷达接收天线的主瓣很窄,且增益很高,具有极强的方向性,所以有源干扰信号从雷达接收天线主瓣进入的概率较小,而雷达天线副瓣很宽,干扰信号极易从接收天线的副瓣进入雷达接收机。为了抑制干扰,通常主天线副瓣增益很低,但当雷达处于强有源干扰环境时,干扰信号可能淹没目标信号,从而导致雷达不能正常工作。

[0003] 副瓣对消即是利用辅助天线接收的干扰信号来压低通过主天线副瓣方向进入的定向干扰。辅助天线主瓣很宽,增益与主天线平均副瓣相当,为弱方向性或无方向性天线。当存在副瓣干扰时,主天线接收的干扰信号幅度与辅助天线接收的干扰信号幅度相当,由于各天线空间位置不同,故接收的干扰信号相位间存在由波程差导致的固定相移。利用各天线接收的干扰信号,通过一定的自适应算法,可得到辅助天线的加权系数。辅助天线加权求和后,与主天线接收的干扰信号相减,使得主通道的干扰输出功率最小,从而达到副瓣干扰对消的目的。

[0004] 副瓣对消可有效抑制副瓣连续波干扰信号,然而在副瓣干扰不存在时,采用副瓣对消处理会提高主天线通道中噪声功率,导致目标检测概率下降,此时应自动关闭副瓣对消处理。同时,在计算副瓣对消权值时,若用于计算对消权值的数据样本为目标回波时,会在主天线方向图中的目标方向处形成零点,出现目标相消现象,大幅降低主通道中的目标信噪比,导致雷达无法正常检测目标。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是为了克服雷达难以实现副瓣对消功能自适应开关的缺点,以及较难准确获取用于计算对消权值的纯副瓣干扰数据样本问题,通过将主通道与辅助通道数据分段为多个样本窗,对比各数据窗内主辅通道间互相关系数和功率比值的方法,提出了一种干扰样本自适应选择的副瓣对消方法。

[0006] 为了实现发明目的,本发明提出了一种干扰样本自适应选择的副瓣对消方法,包括以下步骤:

[0007] S1数据分段为多个样本窗:主辅通道回波数据分别分段为多个样本窗,副瓣干扰样本窗计数初始化为0;

[0008] S2判断主辅通道数据是否超过门限:计算样本窗内主通道与辅助通道互相关系数以及辅助通道与主通道的功率比值,判断是否超过门限。若两结果均超过门限,则样本窗中为纯副瓣干扰数据,转至步骤S3;否则,转至步骤S4;

[0009] S3窗内副瓣对消参数计算:干扰样本窗计数加1,计算窗内辅助通道间协方差矩阵和主辅通道互相关向量;

[0010] S4滑窗判断是否遍历所有样本窗:判断是否完成所有所述的样本窗内主副瓣干扰数据判别及副瓣对消参数计算;若为是,转至步骤S5;若为否,选取下一样本窗主辅通道数据,转至步骤S2;

[0011] S5副瓣干扰判定及副瓣对消处理:判断副瓣干扰样本窗计数的值;若为零,则说明无副瓣干扰,不做副瓣对消处理;若不为零,则利用得到的各窗内副瓣对消参数计算干扰对消权值,并进行副瓣对消处理。

[0012] 本发明的有益效果:由于采用本发明所述的方法,通过采用干扰样本自适应选择的副瓣对消方法,有效提升单雷达副瓣干扰抑制的自动化程度,降低无干扰时启用副瓣对消处理的概率,提高了雷达在复杂电磁环境下的目标发现概率。

## 附图说明

[0013] 图1为干扰样本自适应选择的副瓣对消方法流程图。其中:图中S1-S5分别与发明内容中表述的S1-S5过程对应。

[0014] 图2为图1中各步骤的具体实现方法。其中, $k$ 表示统计的副瓣干扰样本窗个数, $T_1$ 表示主辅通道互相关系数门限, $T_2$ 表示辅助通道与主通道功率比值门限, $R_k$ 表示第 $k$ 个副瓣干扰样本窗内辅助通道协方差矩阵 $R_k$ , $r_k$ 表示第 $k$ 个副瓣干扰样本窗内主辅通道间互相关向量。

## 具体实施方式

[0015] 实施过程及软件流程如图2所示,具体描述为以下过程:

[0016] S1数据分段为多个样本窗:主辅通道回波数据分别分段为多个样本窗,副瓣干扰样本窗计数初始化为0。

[0017] 假设雷达有1个主通道和 $P$ 个辅助通道,主通道与辅助通道回波数据长度为 $N$ ,数据分为 $M$ 个样本窗,样本窗长度为 $L$ ,则各样本窗内主通道数据表示为 $L \times 1$ 维向量 $d = [d_1, d_2, \dots, d_L]^T$ ,辅助通道数据表示为 $P \times L$ 维矩阵 $x = [x_1, \dots, x_p, \dots, x_p]^T$ ,其中 $x_p$ 表示第 $p$ 个辅助通道样本窗内的数据向量且 $x_p = [x_1^p, x_2^p, \dots, x_L^p]^T$ ,副瓣干扰样本窗计数 $k$ 初始化为0。

[0018] S2判断主辅通道数据是否超过门限:计算样本窗内主通道与辅助通道互相关系数以及辅助通道与主通道的功率比值,判断是否超过门限。若两结果均超过门限,则样本窗中为纯副瓣干扰数据,转至步骤S3;否则,转至步骤S4。

[0019] 取一个辅助通道样本窗内数据向量 $x_p = [x_1^p, x_2^p, \dots, x_L^p]^T$ ,计算主辅通道互相关系数 $\rho$ 和 $\gamma$ 功率比值:

$$[0020] \quad \rho = \frac{|d^H x_p|}{\sqrt{|d^H d| \cdot |x_p^H x_p|}} \quad (1)$$

$$[0021] \quad \gamma = \frac{|x_p^H x_p|}{|d^H d|} \quad (2)$$

[0022] 令互相关系数门限为 $T_1$ 且功率比值门限为 $T_2$ ,若 $\rho \geq T_1$ 且 $\gamma \geq T_2$ ,则转至步骤S3;否

则,转至步骤S4。

[0023] S3窗内副瓣对消参数计算:干扰样本窗计数加1,计算窗内各辅助通道间 $P \times P$ 维协方差矩阵 $R_k$ 和主辅通道间 $P \times 1$ 维互相关向量 $r_k$ ,相应计算方法如下:

$$[0024] \quad k=k+1 \quad (3)$$

$$[0025] \quad R_k = E\{xx^H\} \quad (4)$$

$$[0026] \quad r_k = E\{xd^H\} \quad (5)$$

[0027] S4滑窗判断是否遍历所有样本窗:判断是否完成所有所述的样本窗内主副瓣干扰数据判别及副瓣对消参数计算。

[0028] 若完成所有所述的样本窗内主副瓣干扰数据判别及副瓣对消参数计算,转步骤S5。

[0029] 若未完成所有所述的样本窗内主副瓣干扰数据判别及副瓣对消参数计算,取下一个样本窗内主辅通道数据,转步骤S2。

[0030] S5副瓣干扰判定及副瓣对消处理:判断副瓣干扰样本窗计数的值。

[0031] 若副瓣干扰样本窗计数 $k$ 为零,则说明无副瓣干扰,不做副瓣对消处理;

[0032] 若副瓣干扰样本窗计数 $k$ 不为零,则利用得到的各窗内副瓣对消参数计算干扰对消权值,并进行副瓣对消处理。

[0033] 利用步骤S3得到的各窗内副瓣对消参数计算最终的辅助通道间 $P \times P$ 维协方差矩阵 $R_{xx}$ 和主辅通道间 $P \times 1$ 维互相关向量 $r_{xd}$ ,相应计算方法如下:

$$[0034] \quad R_{xx} = \frac{L}{N} \sum_k R_k \quad (6)$$

$$[0035] \quad r_{xd} = \frac{L}{N} \sum_k r_k \quad (7)$$

[0036] 进一步得到 $P \times 1$ 维副瓣对消权值向量计算如下:

$$[0037] \quad w = R_{xx}^{-1} r_{xd} \quad (8)$$

[0038] 最后用辅助通道数据对消主通道数据,得到副瓣干扰抑制后 $N \times 1$ 维的目标回波向量 $Y$ :

$$[0039] \quad Y = D - w^H X \quad (9)$$

[0040] 其中, $D$ 为 $N \times 1$ 维主通道回波数据, $X$ 为 $P \times N$ 维辅助通道回波数据。

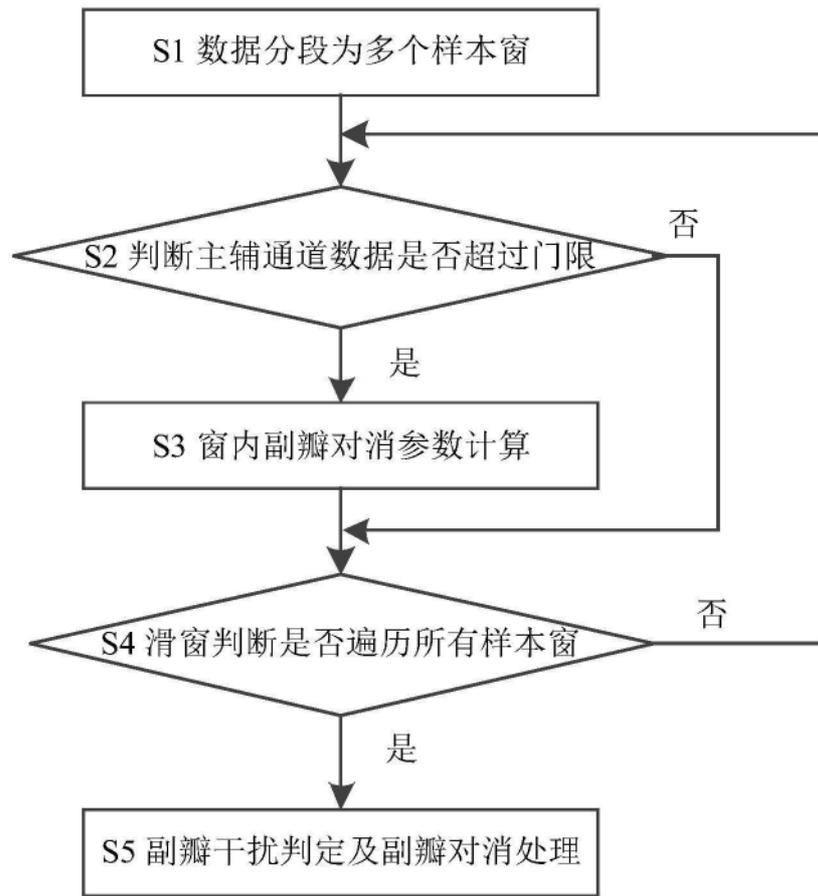


图1

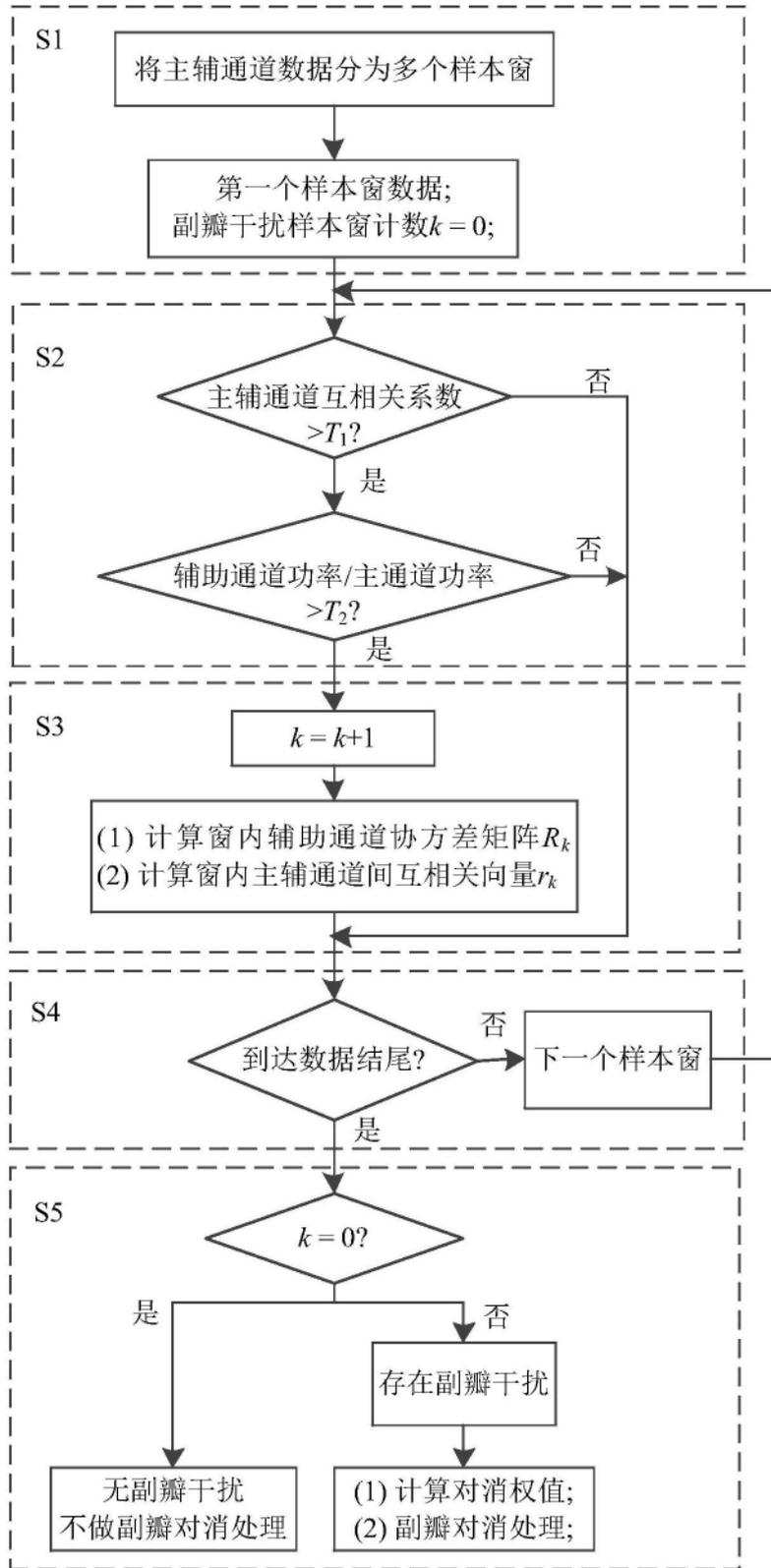


图2