

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(10) 国际公布号

WO 2022/012213 A1

(43) 国际公布日

2022 年 1 月 20 日 (20.01.2022)

WIPO | PCT

(51) 国际专利分类号:

G01S 7/41 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2021/098573

(22) 国际申请日:

2021 年 6 月 7 日 (07.06.2021)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

202010669865.2 2020 年 7 月 13 日 (13.07.2020) CN

(71) 申请人: 深圳大学 (SHENZHEN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。

(72) 发明人: 赵博 (ZHAO, Bo); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。

袁伟健 (YUAN, Weijian); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。黄磊 (HUANG, Lei); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。侯万幸 (HOU, Wanxing); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。王浩琪 (WANG, Haozhen); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。耿艺倩 (GENG, Yiqian); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。杨广玉 (YANG, Guangyu); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。查林 (ZHA, Lin); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市精英专利事务所 (SHENZHEN TALENT PATENT SERVICE); 中国广东省深圳

(54) Title: METHOD FOR ELIMINATING ONE-BIT SIGNAL HARMONIC FALSE TARGET, AND RELATED COMPONENT

(54) 发明名称: 一种剔除一比特信号谐波虚假目标的方法及相关组件

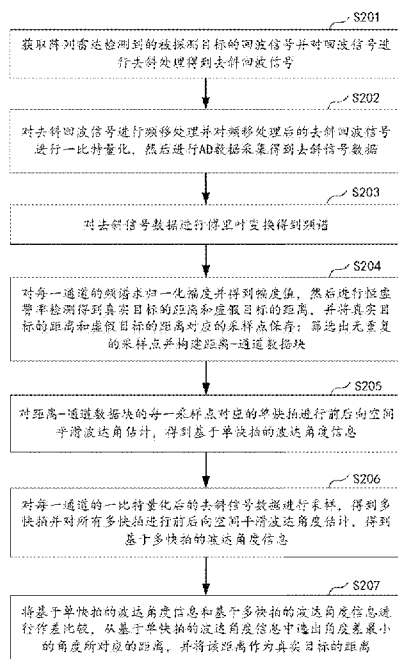


图 2

(57) Abstract: A method for eliminating a one-bit signal harmonic false target, and a related component. The method comprises: performing dechirping, frequency shifting, one-bit quantification, AD sampling and Fourier transform processing on an echo signal to obtain a spectrum; then performing constant false alarm rate detection on the spectrum, so as to obtain the distance of a real target and the distance of a false target; and for the distance of the false target, performing a difference comparison on angle-of-arrival information based on multiple snapshots and angle-of-arrival information based on a single snapshot, obtaining, from the angle-of-arrival information

市福田区深南中路6009号绿景广场B栋20层B, Guangdong 518000 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

tion based on the single snapshot, a distance that corresponds to the angle with the smallest angle difference, and using the distance as the distance of the real target (S207), thereby eliminating the false target. Data collection is performed by using a lower sampling rate, thereby greatly reducing the data volume, and achieving the aims of simplifying a radar system structure, reducing the complexity of a system, and reducing the costs of data collection, transmission, storage and processing.

(57) 摘要: 一种剔除一比特信号谐波虚假目标的方法及相关组件, 其中, 方法通过对回波信号进行去斜、频移、一比特量化、AD采样以及傅里叶变换处理后得到频谱, 再对频谱进行恒虚警率检测, 得到真实目标的距离和虚假目标的距离, 针对虚假目标的距离, 通过基于多快拍的波达角度信息与基于单快拍的波达角度信息进行作差比较, 从基于单快拍的波达角度信息中的得到角度差最小的角度所对应的距离, 并将距离作为真实目标的距离(S207), 进而消除虚假目标; 采用更低的采样率进行数据采集, 大幅降低数据量, 达到了简化雷达系统结构, 降低系统复杂度, 降低数据采集、传输、存储和处理的成本的目的。

一种剔除一比特信号谐波虚假目标的方法及相关组件

技术领域

本发明涉及数据采集和雷达系统应用领域，尤其涉及一种剔除一比特信号谐波虚假目标的方法及相关组件。

背景技术

毫米波阵列雷达具有全天时、全天候、远作用距离、高分辨的探测能力，在辅助驾驶、目标检测、无人机定高与避障等众多领域发挥着重要的作用，是国内外学者的研究热点；但随着信号带宽及阵列雷达天线接收通道数增加，数据采集、传输、处理的负担也在不断地加大；一方面，阵列雷达系统需要对回波数据进行高精度的采样以保留完整的信号特征，这样导致了数据处理位宽增加，对系统的硬件性能提出了更高的要求；另一方面，信号采样率也需要相应地提升以避免信号频谱出现混叠，从而使得数据量增加，降低了数据处理的效率。

针对上述问题，现有文献“基于单频时变阈值的一比特 SAR 成像方法研究”([J].雷达学报,2018,7(04):446-454.)中分析了一比特量化采样使得数据在 1 与 -1 之间不断跳变，因此引入原始信号的高次谐波；并且对此提出一种单频时变阈值的一比特回波生成方案，通过单频阈值将回波中的高次谐波移出有效分量之外，提高了成像质量，但该方法针对脉冲体制雷达，采用构造匹配滤波来实现。

以及文献“One-bit LFM CW Radar: Spectrum Analysis and Target Detection”([J].2019., arXiv:1905.09440. [Online].Available: <https://arxiv.org/abs/1905.09440>)中分析了线性调频连续波雷达在去斜处理后一比特量化产生的谐波效应，提出了一种线性预处理和预检测来执行降维(DR)，然后用广义近似消息传递(GAMP)用来抑制高次谐波的方法；然而该方法为了最大限度抑制谐波引入了稀疏信号重建，限定了稀疏场景的条件，还增加了处理的复杂度。

由前面文献分析可知，传统的一比特量化采样使得数据在 1 与 -1 之间不断跳变，由此引入了原始信号的高次谐波，而它的存在将会引入虚假目标；假设采用均匀线阵雷达，阵元个数为 16，阵元间距为半波长，距离维度上有四个目标，距离分辨是 10m、15m、20m、30m，如图 1 所示，是 16 个通道去斜信号一比特量化采样后进行距离维压缩叠加在一起的结果，图中黑框标出的是 4 个真实目标的距离，其余频谱峰值都是由于一比特量化采样引入谐波分量的虚假目标；可见谐波分量的引入会对雷达信号处理质量造成很大的影响，为了让信号处理后可以获得更好探测效果，将这些谐波分量的虚假目标消除是很有必要的。

发明内容

本发明的目的是提供一种剔除一比特信号谐波虚假目标的方法及相关组件，旨在解决现有技术对雷达回波数据进行一比特量化采样时，引入的谐波分量的

虚假目标造成雷达信号处理复杂和影响探测效果的问题。

第一方面，本发明实施例提供了一种剔除一比特信号谐波虚假目标的方法，其包括：

获取阵列雷达检测到的被探测目标的回波信号并对回波信号进行去斜处理得到去斜回波信号；

对去斜回波信号进行频移处理并对频移处理后的去斜回波信号进行一比特量化，然后进行 AD 数据采集得到去斜信号数据；

对去斜信号数据进行傅里叶变换得到频谱；

对每一通道的频谱求归一化幅度并得到幅度值，然后进行恒虚警率检测得到真实目标的距离和虚假目标的距离，并将真实目标的距离和虚假目标的距离对应的采样点保存；筛选出无重复的采样点并构建距离-通道数据块；

对距离-通道数据块的每一采样点对应的单快拍进行前后向空间平滑波达角度估计，得到基于单快拍的波达角度信息；

对每一通道的一比特量化后的去斜信号数据进行采样，得到多快拍并对所有多快拍进行前后向空间平滑波达角度估计，得到基于多快拍的波达角度信息；

将基于单快拍的波达角度信息和基于多快拍的波达角度信息进行作差比较，从基于单快拍的波达角度信息中选出角度差最小的角度所对应的距离，并将该距离作为真实目标的距离。

第二方面，本发明实施例提供了一种剔除一比特信号谐波虚假目标的装置，其包括：

获取单元，用于获取阵列雷达检测到的被探测目标的回波信号并对回波信号进行去斜处理得到去斜回波信号；

采样单元，用于对去斜回波信号进行频移处理并对频移处理后的去斜回波信号进行一比特量化，然后进行 AD 数据采集得到去斜信号数据；

傅里叶变换单元，用于对去斜信号数据进行傅里叶变换得到频谱；

检测单元，用于对每一通道的频谱求归一化幅度并得到幅度值，然后进行恒虚警率检测得到真实目标的距离和虚假目标的距离，并将真实目标的距离和虚假目标的距离对应的采样点保存；筛选出无重复的采样点并构建距离-通道数据块；

第一估计单元，用于对距离-通道数据块的每一采样点对应的单快拍进行前后向空间平滑波达角度估计，得到基于单快拍的波达角度信息；

第二估计单元，用于对每一通道的一比特量化后的去斜信号数据进行采样，得到多快拍并对所有多快拍进行前后向空间平滑波达角度估计，得到基于多快拍的波达角度信息；

作差比较单元，用于将基于单快拍的波达角度信息和基于多快拍的波达角度信息进行作差比较，从基于单快拍的波达角度信息中选出角度差最小的角度所对应的距离，并将该距离作为真实目标的距离。

第三方面，本发明实施例又提供了一种计算机设备，其包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现上述第一方面所述的剔除一比特信号谐波虚假目标

的方法。

第四方面，本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质，其中所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序当被处理器执行时使所述处理器执行上述第一方面所述的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法。

本发明公开了一种剔除一比特信号谐波虚假目标的方法及相关组件。其中，该方法通过对回波信号进行去斜、频移、一比特量化、AD采样以及傅里叶变换处理后得到频谱，再对频谱进行恒虚警率检测，得到真实目标的距离和虚假目标的距离，针对虚假目标的距离，通过基于多快拍的波达角度信息与基于单快拍的波达角度信息进行作差比较，从基于单快拍的波达角度信息中的得到角度差最小的角度所对应的距离，并将该距离作为真实目标的距离，进而消除虚假目标。本发明实施例实现了采用更低的采样率进行数据采集，大幅降低数据量，达到了简化雷达系统结构，降低系统复杂度，降低数据采集、传输、存储和处理的成本的目的。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图1为现有技术中一比特量化采样LFMCW去斜脉冲压缩信号频谱的示意图；

图2为本发明实施例提供的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法的流程示意图；

图3为本发明实施例提供的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法的子流程示意图；

图4为本发明实施例提供的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法的又一子流程示意图；

图5为本发明实施例提供的去斜处理过程的示意图；

图6为本发明实施例提供的剔除一比特信号谐波虚假目标的原理框图；

图7为本发明实施例提供的一比特量化采样去斜回波信号的频谱恒虚警率检测结果的示意图；

图8为本发明实施例提供的恒虚警检测的基本原理框图；

图9为本发明实施例提供的恒虚警检测重排后的距离-通道数据块的示意图；

图10为本发明实施例提供的基于单快拍得到的距离-角度关系图；

图11为本发明实施例提供的基于多快拍得到的波达角度估计的结果的示意图；

图12为本发明实施例提供的真实目标的频谱图；

图13为本发明实施例提供的真实目标距离-角度的极坐标图；

图14为本发明实施例提供的均匀线阵的信号模型示意图；

图15为本发明实施例提供的前后向空间平滑示意图；

图 16 为本发明实施例提供的剔除一比特信号谐波虚假目标的装置的示意性框图；

图 17 为本发明实施例提供的计算机设备的示意性框图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

应当理解，当在本说明书和所附权利要求书中使用时，术语“包括”和“包含”指示所描述特征、整体、步骤、操作、元素和/或组件的存在，但并不排除一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元素、组件和/或其集合的存在或添加。

还应当理解，在此本发明说明书中所使用的术语仅仅是出于描述特定实施例的目的而并不意在限制本发明。如在本发明说明书和所附权利要求书中所使用的那样，除非上下文清楚地指明其它情况，否则单数形式的“一”、“一个”及“该”意在包括复数形式。

还应当进一步理解，在本发明说明书和所附权利要求书中使用的术语“和/或”是指相关联列出的项中的一个或多个的任何组合以及所有可能组合，并且包括这些组合。

请参阅图 2，图 2 为本发明实施例提供的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法的流程图；

如图 2 所示，该方法包括步骤 S201~S207。

S201、获取阵列雷达检测到的被探测目标的回波信号并对回波信号进行去斜处理得到去斜回波信号。

结合图 5，本实施例中，阵列雷达通过天线向被探测目标发射线性调频脉冲信号，脉冲信号传播到被探测目标，被探测目标反射出回波信号，并被阵列雷达系统接收。然后对回波信号进行去斜处理以实现脉冲压缩，这样可以使得阵列雷达系统选用较低的采样频率，避免使用高精度、高速 ADC（模数转换器）。

在一实施例中，步骤 S201 包括：

按如下公式对回波信号进行去斜处理：

$$S_{r1}(t) = A_1 \cdot \text{rect}\left(\frac{t-\tau}{T_p}\right) \cdot \exp\left[j2\pi(f_0(t-\tau) + \frac{1}{2}k(t-\tau)^2)\right]$$

$$S_{\text{Ref}}(t) = A_2 \cdot \text{rect}\left(\frac{t-\tau_0}{T_p}\right) \cdot \exp\left[j2\pi(f_0(t-\tau_0) + \frac{1}{2}k(t-\tau_0)^2)\right]$$

$$S_{IF}(t) = S_{r1}(t) \cdot S_{\text{Ref}}^*(t) = A_1 \cdot A_2 \cdot \text{rect}\left(\frac{t-\tau}{T_p}\right) \text{rect}\left(\frac{t-\tau}{T}\right) \cdot \exp[j2\pi(f_b t + \phi)]$$

其中， $S_{r1}(t)$ 为被探测目标经过时延 τ 反射回来的回波信号； $S_{\text{Ref}}(t)$ 是与 $S_{r1}(t)$ 类

型相同的参考信号； $S_{IF}(t)$ 为去斜回波信号； $f_b = k(\tau - \tau_0)$ ， $rect(\frac{t}{T}) = \begin{cases} 1, t \leq \frac{T}{2} \\ 0, \text{其他} \end{cases}$ ， $\phi = 2\pi f_0(\tau_0 - \tau) + \pi k(\tau^2 - \tau_0^2)$ ； A_1 为回波信号的最大幅度值； A_2 为参考信号最大幅度值； τ 为回波信号相对于发射信号时间延迟， τ_0 为参考信号相对于发射信号的时间延迟； f_0 为中心频率； k 为 LFM CW 信号的调频率且 $k = B/T_p$ ， B 为信号带宽， T_p 为信号脉冲宽度； $\cdot$ 表示相乘， $*$ 表示共轭运算。

本实施例中，如图 6 中的去斜部分，去斜处理的过程以阵列雷达均匀线阵的第一个接收通道为例，根据上述公式，代入 A_1 、 A_2 、 τ 、 τ_0 、 f_0 、 k 、 B 以及 T_p 的值，即可计算并得到去斜处理后的去斜回波信号 $S_{IF}(t)$ 。

S202、对去斜回波信号进行频移处理并对频移处理后的去斜回波信号进行一比特量化，然后进行 AD 数据采集得到去斜信号数据。

本实施例中，为避免去斜回波信号在量化时产生干扰，先对去斜回波信号进行频移处理，将去斜回波信号的频带与高次谐波分开，得到不包含高次谐波的去斜回波信号，然后再对频移处理后的去斜回波信号量化为一比特采样数据，然后进行 AD 数据采集得到去斜信号数据，这样可降低去斜信号数据的位宽，简化阵列测角雷达系统的结构，降低数据采集、传输、存储和处理的成本，降低系统设计复杂度，提高系统的实时处理能力。

在一实施例中，步骤 S202 包括：

按如下公式对频移后的去斜回波信号进行一比特量化，得到去斜信号数据：

$$S_{lb}(t) = \text{sign}[\text{real}(S_{IF}(t))] + j\text{sign}[\text{imag}(S_{IF}(t))]; \text{ 其中, } S_{lb}(t) \text{ 为去斜信号数据。}$$

本实施例中，一比特量化的过程为图 6 中 $\text{sign}(\cdot)$ 的部分，根据上述公式，对去斜回波信号进行一比特量化，即可得到去斜信号数据。

S203、对去斜信号数据进行傅里叶变换得到频谱。

本实施例中，如图 6 所示，通过傅里叶变换将去斜信号数据的快时间维度变换到频域并得到频谱。

在一实施例中，如图 3 所示，步骤 S203 包括：

S301、对去斜回波数据的快时间维进行傅里叶变换处理，得到对应各回波信号的频域窄脉冲；

S302、根据脉冲频率轴位置与被探测目标的距离的正比关系，得到频域窄脉冲的分辨率为 $1/T_p$ ，以及距离分辨率和频率分辨率关系式： $\Delta f = k \frac{2\Delta R}{c}$ ；其中， Δf 为频率分辨率， ΔR 为距离分辨率， k 为发射信号的调频斜率， c 为电磁波传播速度；

S303、根据距离分辨率和频率分辨率的关系，按如下公式得到雷达的距离分辨率：

$$\Delta R = \frac{c}{2k} \frac{1}{T_p} = \frac{c}{2B}; \text{ 其中, } B \text{ 表示 LFM CW 信号 (即发射信号或参考信号) 。}$$

本实施例中，当去斜信号经过一比特量化采样后，对去斜回波数据的快时间维进行傅里叶变换处理，可在频域得到对应的各回波的窄脉冲，如图 5(b) 解线

调后的频谱图所示，而脉冲频率轴位置与雷达目标的距离成正比，从图 5 可知，变换到频域窄脉冲的分辨率为 $1/T_p$ ，距离分辨率和频率分辨率的关系为：

$$\Delta f = k \frac{2\Delta R}{c} ;$$

进一步得到距离分辨率的表达式：

$$\Delta R = \frac{c}{2k} \frac{1}{T_p} = \frac{c}{2B} ;$$

S204、对每一通道的频谱求归一化幅度并得到幅度值，然后进行恒虚警率检测得到真实目标的距离和虚假目标的距离，并将真实目标的距离和虚假目标的距离对应的采样点保存；筛选出无重复的采样点并构建距离-通道数据块。

结合图 7 和图 8，本实施例中，对通道的频谱求归一化幅度后进行恒虚警率检测，将幅度较小的杂波消除，留下真实目标的距离和虚假目标的距离；图 7 中黑圈为检测留下的目标点，将其距离对应的采样点保存；由于多个通道保存的采样点存在重复，将多个通道上无重复的采样点记录下来，保存为距离-通道数据块。

在一实施例中，如图 4 所示，步骤 S204 包括：

S401、对每一通道的频谱求归一化幅度并得到幅度值；

S402、根据幅度值对每一通道的频谱进行恒虚警率检测，并将检测到的被探测目标的频率谱线序号进行记录，然后剔除重复的谱线序号，将剩余的谱线与谱线对应的多个通道的采样点构成距离-通道数据块。

结合图 8，本实施例中，分别对每一通道的频谱数据在一维空间上进行恒虚警处理，所述恒虚警率检测的原理为：在被检测谱线 x_n 的前后各取 8 根谱线，其中谱线序号 x_{n-2} 至 x_{n-1} 和谱线序号 x_{n+1} 至 x_{n+2} 的 4 根谱线作为保护单元，谱线序号 x_{n-8} 至 x_{n-3} 和谱线序号 x_{n+2} 至 x_{n+8} 的 12 根谱线作为训练单元；将这 12 根训练单元的谱线累加取平均的平均值 Z ，并乘上 CFAR 的门限系数 η ，其中 η 由恒虚警率决定，可在系统中调整；然后将 Z 与 x_n 作比较，若 $x_n > \eta \times Z$ ，则判断目标出现，并输出该谱线的幅度 H_1 及其谱线序号；若 $x_n < \eta \times Z$ ，则认定目标没有出现，将其幅度置零并输出零幅度 H_0 和该谱线的序号。

根据输出的幅度 H_1 及其谱线序号，将幅度较小的杂波消除，以及将重复的谱线序号剔除，然后将剩余的谱线序号对应的谱线和谱线对应的多个通道的采样点构成距离-通道数据块（如图 9 所示）。

S205、对距离-通道数据块的每一采样点对应的单快拍进行前后向空间平滑波达角度估计，得到基于单快拍的波达角度信息。

本实施例中，对距离-通道数据块的每一采样点逐个进行基于空间平滑的单快拍波达角度估计，得到基于单快拍的波达角度信息，然后以角度为横坐标、距离为纵坐标画出角度-距离点图（如图 10 所示）。

S206、对每一通道的一比特量化后的去斜信号数据进行采样，得到多快拍并对所有多快拍进行前后向空间平滑波达角度估计，得到基于多快拍的波达角度信息。

本实施例中，对每一通道的一比特量化后的去斜信号数据进行采样，这里

的通道有 16 条, 利用对 16 个通道一比特量化采样的多快拍进行前后向空间平滑波达角度估计, 得到基于多快拍的波达方向信息 (如图 11 所示)。

在一实施例中, 步骤 S206 包括:

将所述多快拍按如下公式构造前后向空间平滑协方差矩阵;

$$R_q^f(t) = E[x_q^f(t), x_q^f(t)^H] = A_M D^{q-1} R_s (D^{q-1})^H A_M^H + \sigma^2 I;$$

其中, $E[x_q^f(t), x_q^f(t)^H]$ 表示求协方差均值运算, $R_q^f(t)$ 表示第 q 个前向子阵的协方差矩阵, 上标 f 表示 *fornt*, $x_q^f(t)$ 表示第 q 个前向子阵的输出 (即第 q 个子阵中所有阵元接受的信号), $x_q^f(t)^H$ 表示第 q 个前向子阵的输出的共轭转置运算;

$A_M D^{q-1} R_s (D^{q-1})^H A_M^H$ 整体表示回波信号 (除噪声外) 的协方差矩阵, A_M 表示子阵的方向矩阵, D^{q-1} 表示第对角矩阵 D 的 $q-1$ 次方运算, 其中 D 的表达式为:

$$D = \text{diag}(e^{j\frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_1}, e^{j\frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_2}, \dots, e^{j\frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_K}), A_M^H \text{ 表示 } A_M \text{ 的共轭转置};$$

$\sigma^2 I$ 整体表示噪声的协方差矩阵, σ^2 表示回波信号噪声的自协方差 (这里指噪声信号的自协方差), σ 表示方差, I 表示单位矩阵;

然后根据如下公式进行特征值分解:

$$R_f = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q R_q^f;$$

再根据如下公式将分解后得到的特征向量划分为信号子空间和噪声子空间:

$$R_b = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q R_q^b;$$

最后根据噪声子空间与阵列响应矩阵的正交关系构造空间谱函数, 并对空间谱函数进行峰值搜索获得基于多快拍的波达角度信息。

S207、将基于单快拍的波达角度信息和基于多快拍的波达角度信息进行作差比较, 从基于单快拍的波达角度信息中选出角度差最小的角度所对应的距离, 并将该距离作为真实目标的距离。

具体的, 步骤 S207 包括:

按如下公式进行作差比较计算, 在基于单快拍的波达角度信息中得到角度差最小的角度:

$$A_{\min} = \sum_{m=1}^M \min(\sum_{n=1}^N |Angle1(n) - Angle2(m)|); \text{ 其中, } Angle1 \text{ 为基于多快拍的波达角度}$$

信息, $Angle2$ 为基于单快拍的波达角度信息, M 为基于多快拍的波达角度信息中的角度数量, N 为基于单快拍的波达角度信息中的角度数量。

最后将基于单快拍的波达角度信息中角度差最小的角度所对应的距离作为真实目标的距离。

本实施例中, 根据上述公式, 将 $Angle2$ 中的角度逐个取出与 $Angle1$ 中所有角度依次进行作差比较, 将角度差最小的 $Angle2$ 中角度 (即图 10 的角度) 所对应的距离 (图 10 的纵坐标距离) 挑选出来, 即为真实目标的距离 (如图 12 所示); 从而实现消除距离维度谐波上的谐波, 最后得到真实目标的距离、角度的极坐标 (如图 13 所示)。

本发明实施例分别通过对距离-通道数据块的单快拍和每一条通道的多快拍

进行前后向空间平滑波达角度估计,得到基于单快拍的波达角度信息和基于多快拍的波达角度信息;这里使用的空间平滑波达角度估计的方法是采用均匀线阵的信号模型来实现的。

具体的,构建空间平滑波达角度估计的信号模型,如图 14 所示,均匀线阵的所有阵元总的接收信号 $X(t)$ 可以表示为:

$$X(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_M(t) \end{bmatrix}_{M \times N} = [a(\theta_1), a(\theta_2), \dots, a(\theta_K)]_{M \times K} \cdot \begin{bmatrix} s_1(t) \\ s_2(t) \\ \vdots \\ s_K(t) \end{bmatrix}_{K \times N} + \begin{bmatrix} n_1(t) \\ n_2(t) \\ \vdots \\ n_M(t) \end{bmatrix}_{M \times N}$$

其中, M 表示均匀的阵元数目, N 表示快拍数, K 表示信源(被探测目标)个数,这里信源个数的要求是 $K < M$, $\theta_k (k=1,2,3 \dots K)$ 表示第 k 个被探测目标的来波方向入射 M 根线。

运用矩阵的定义,得到表达式: $X = AS + N$ 。

$$\begin{aligned} X &= [x_1(t), x_2(t), \dots, x_M(t)]_{M \times N}^T \\ \text{其中, } S &= [S_1(t), S_2(t), \dots, S_K(t)]_{K \times N}^T \\ A &= [a(\theta_1), a(\theta_2), \dots, a(\theta_K)]_{M \times K} \\ N &= [n_1(t), n_2(t), \dots, n_M(t)]_{M \times N}^T \end{aligned}$$

其中 X 为阵元的输出, A 为阵列相应矩阵, S 是入射信, N 表示阵列噪声。

来波方向为 $\theta_k (k=1,2,3 \dots K)$ 的第 k 个被探测目标的回波信号入射两个阵元间的相位差 φ_k 为: $\varphi_k = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_k$, 其中 d 表示均匀线阵中的阵元间距, λ 表示阵列雷达发射的 LFM CW 信号的波长, 其中 $\lambda = c / f_c$, 其中 c 表示光速, f_c 表示阵列雷达发射的 LFM CW 信号的中心频率。

阵元间距为 d 的均匀线阵的阵列响应矩阵为:

$$\begin{aligned} A &= [a(\theta_1), a(\theta_2), \dots, a(\theta_K)]_{M \times K} \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ e^{-j\varphi_1} & e^{-j\varphi_2} & \dots & e^{-j\varphi_K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e^{-j(M-1)\varphi_1} & e^{-j(M-1)\varphi_2} & \dots & e^{-j(M-1)\varphi_K} \end{bmatrix}_{M \times K} \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta_1} & e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta_2} & \dots & e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta_K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} (M-1) d \sin \theta_1} & e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} (M-1) d \sin \theta_2} & \dots & e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} (M-1) d \sin \theta_K} \end{bmatrix}_{M \times K} \end{aligned}$$

使用空间平滑技术进行波达角度估计的过程:

空间平滑技术是对付相干或者强相关信号的有效方法,且基于相干平滑的单快拍波达角度估计算法也已经得到了广泛的应用;其基本思想是等距线阵分成若干个相重叠的子阵列;子阵协方差矩阵可以相加后平均取代原来意义上的

协方差矩阵 R ；如图 15 所示，将 M 个的等距相信阵用滑动方式分成 Q 个子阵，每个子阵有 N 个阵元，其中 $N=M-Q+1$ ；定义第 h 个前向子阵的输出为：

$$x_q^f(t) = [x_q(t), x_{q+1}(t), \dots, x_{q+N-1}(t)]^T = A_M D^{q-1} s(t) + n_q(t), 1 \leq q \leq Q;$$

其中， A_M 为 $N \times K$ 维的方向矩阵，其列为 N 维的导向向量 $a_M(\theta_i)$ ($i=1, 2, \dots, K$)，

$$D = \text{diag}(e^{j\frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_1}, e^{j\frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_2}, \dots, e^{j\frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_K});$$

故，第 h 个前向子阵的协方差矩阵为：

$$R_q^f(t) = E[x_q^f(t) x_q^f(t)^H] = A_M D^{q-1} R_s (D^{q-1})^H A_M^H + \sigma^2 I;$$

其中，符号 f 表示前向，定义前向空间平滑协方差矩阵为：

$$R_f = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q R_q^f;$$

其中，符号 b 表示后向，定义后向空间平滑协方差矩阵为：

$$R_b = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q R_q^b;$$

其中， R_b 和 R_f 的关系是共轭倒序阵， R_b 和 R_f 之间具有共轭倒序不变性，因此可以定义前后向平滑协方差矩阵为：

$$\tilde{R} = \frac{1}{2} (R_b + R_f);$$

本发明实施例采用前后向空间平滑，而不是仅仅的前向或者后向，就是为了利用这种共轭倒叙不变性的优点：可以增加子阵的数目，从而提高波达角度估计的精度。

然后对协方差矩阵进行特征值分解：

$R = U \Sigma U^H$ ；其中， $\Sigma = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_M)$ ， $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_K \geq \lambda_{K+1} \dots \geq \lambda_M = \sigma^2$ ， diag 表示对角矩阵， σ^2 表示高斯白噪声的噪声功率；

按照特征值的大小顺序，将与信号个数 K 相等的最大特征值 λ 对应的特征向量 $U_1, U_2, \dots, U_K$ 构成信号子空间 U_S ；将剩余的 $(M-K)$ 个特征值对应的特征向量 $U_{K+1}, U_{K+2}, \dots, U_M$ 构成噪声子空间 U_N ，则特征值分解过程如下：

$$R = U_S \Sigma_S U_S^H + U_N \Sigma_N U_N^H;$$

$$\Sigma_S = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_K);$$

$$\Sigma_N = \text{diag}(\lambda_{K+1}, \lambda_{K+2}, \dots, \lambda_M);$$

其中 Σ_S 是 K 个较大特征值构成的对角矩阵， Σ_N 是由 $M-K$ 个特征值构成的对角矩阵；使角度变化，按照 $P_{\text{MUSIC}} = 1/(a^H(\theta) U_N U_N^H a(\theta))$ 来计算谱函数，通过寻求峰值来得到波达方向的估计值。

本发明实施例还提供一种剔除一比特信号谐波虚假目标的装置，该剔除一比特信号谐波虚假目标的装置用于执行前述剔除一比特信号谐波虚假目标的方法的任一实施例。具体地，请参阅图 16，图 16 是本发明实施例提供的剔除一比特信号谐波虚假目标的装置的示意性框图。

如图 16 所示，剔除一比特信号谐波虚假目标的装置 1600，包括：获取单元 1601、采样单元 1602、傅里叶变换单元 1603、检测单元 1604、第一估计单元 1605、第二估计单元 1606 以及作差比较单元 1607。

获取单元 1601, 用于获取阵列雷达检测到的被探测目标的回波信号并对回波信号进行去斜处理得到去斜回波信号;

采样单元 1602, 用于对去斜回波信号进行频移处理并对频移处理后的去斜回波信号进行一比特量化, 然后进行 AD 数据采集得到去斜信号数据;

傅里叶变换单元 1603, 用于对去斜信号数据进行傅里叶变换得到频谱;

检测单元 1604, 用于对每一通道的频谱求归一化幅度并得到幅度值, 然后进行恒虚警率检测得到真实目标的距离和虚假目标的距离, 并将真实目标的距离和虚假目标的距离对应的采样点保存; 筛选出无重复的采样点并构建距离-通道数据块;

第一估计单元 1605, 用于对距离-通道数据块的每一采样点对应的单快拍进行前后向空间平滑波达角度估计, 得到基于单快拍的波达角度信息;

第二估计单元 1606, 用于对每一通道的一比特量化后的去斜信号数据进行采样, 得到多快拍并对所有多快拍进行前后向空间平滑波达角度估计, 得到基于多快拍的波达角度信息;

作差比较单元 1607, 用于将基于单快拍的波达角度信息和基于多快拍的波达角度信息进行作差比较, 从基于单快拍的波达角度信息中选出角度差最小的角度所对应的距离, 并将该距离作为真实目标的距离。

该装置实现了采用更低的采样率进行数据采集, 大幅降低数据量, 达到了简化雷达系统结构, 降低系统复杂度, 降低数据采集、传输、存储和处理的成本的目的。

由于装置部分的实施例与方法部分的实施例相互对应, 因此装置部分的实施例请参见方法部分的实施例的描述, 这里暂不赘述。

上述剔除一比特信号谐波虚假目标的装置可以实现为计算机程序的形式, 该计算机程序可以在如图 17 所示的计算机设备上运行。

请参阅图 17, 图 17 是本发明实施例提供的计算机设备的示意性框图。该计算机设备 1700 是服务器, 服务器可以是独立的服务器, 也可以是多个服务器组成的服务器集群。

参阅图 17, 该计算机设备 1700 包括通过系统总线 1701 连接的处理器 1702、存储器和网络接口 1705, 其中, 存储器可以包括非易失性存储介质 1703 和内存存储器 1704。

该非易失性存储介质 1703 可存储操作系统 17031 和计算机程序 17032。该计算机程序 17032 被执行时, 可使得处理器 1702 执行剔除一比特信号谐波虚假目标的方法。

该处理器 1702 用于提供计算和控制能力, 支撑整个计算机设备 1700 的运行。

该内存存储器 1704 为非易失性存储介质 1703 中的计算机程序 17032 的运行提供环境, 该计算机程序 17032 被处理器 1702 执行时, 可使得处理器 1702 执行剔除一比特信号谐波虚假目标的方法。

该网络接口 1705 用于进行网络通信, 如提供数据信息的传输等。本领域技术人员可以理解, 图 17 中示出的结构, 仅仅是与本发明方案相关的部分结构的

框图，并不构成对本发明方案所应用于其上的计算机设备 1700 的限定，具体的计算机设备 1700 可以包括比图中所示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者具有不同的部件布置。

本领域技术人员可以理解，图 17 中示出的计算机设备的实施例并不构成对计算机设备具体构成的限定，在其他实施例中，计算机设备可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者不同的部件布置。例如，在一些实施例中，计算机设备可以仅包括存储器及处理器，在这样的实施例中，存储器及处理器的结构及功能与图 17 所示实施例一致，在此不再赘述。

应当理解，在本发明实施例中，处理器 1702 可以是中央处理单元 (Central Processing Unit, CPU)，该处理器 1702 还可以是其他通用处理器、数字信号处理器 (Digital Signal Processor, DSP)、专用集成电路 (Application Specific Integrated Circuit, ASIC)、现成可编程门阵列 (Field-Programmable Gate Array, FPGA) 或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。其中，通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

在本发明的另一实施例中提供计算机可读存储介质。该计算机可读存储介质可以为非易失性的计算机可读存储介质。该计算机可读存储介质存储有计算机程序，其中计算机程序被处理器执行时实现本发明实施例的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法。

所述存储介质为实体的、非瞬时性的存储介质，例如可以是 U 盘、移动硬盘、只读存储器 (Read-Only Memory, ROM)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的实体存储介质。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为了描述的方便和简洁，上述描述的设备、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到各种等效的修改或替换，这些修改或替换都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

权利要求书

1.一种剔除一比特信号谐波虚假目标的方法，其特征在于，包括：

获取阵列雷达检测到的被探测目标的回波信号并对回波信号进行去斜处理得到去斜回波信号；

对去斜回波信号进行频移处理并对频移处理后的去斜回波信号进行一比特量化，然后进行AD数据采集得到去斜信号数据；

对去斜信号数据进行傅里叶变换得到频谱；

对每一通道的频谱求归一化幅度并得到幅度值，然后进行恒虚警率检测得到真实目标的距离和虚假目标的距离，并将真实目标的距离和虚假目标的距离对应的采样点保存；筛选出无重复的采样点并构建距离-通道数据块；

对距离-通道数据块的每一采样点对应的单快拍进行前后向空间平滑波达角度估计，得到基于单快拍的波达角度信息；

对每一通道的一比特量化后的去斜信号数据进行采样，得到多快拍并对所有多快拍进行前后向空间平滑波达角度估计，得到基于多快拍的波达角度信息；

将基于单快拍的波达角度信息和基于多快拍的波达角度信息进行作差比较，从基于单快拍的波达角度信息中选出角度差最小的角度所对应的距离，并将该距离作为真实目标的距离。

2.根据权利要求1所述的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法，其特征在于，所述获取阵列雷达检测到的被探测目标的回波信号并对回波信号进行去斜处理得到去斜回波信号，包括：

按如下公式对回波信号进行去斜处理：

$$S_{rl}(t) = A_1 \cdot \text{rect}\left(\frac{t-\tau}{T_p}\right) \cdot \exp\left[j2\pi\left(f_0(t-\tau) + \frac{1}{2}k(t-\tau)^2\right)\right]$$

$$S_{Ref}(t) = A_2 \cdot \text{rect}\left(\frac{t-\tau_0}{T_p}\right) \cdot \exp\left[j2\pi\left(f_0(t-\tau_0) + \frac{1}{2}k(t-\tau_0)^2\right)\right]$$

$$S_{If}(t) = S_{rl}(t) \cdot S_{Ref}^*(t) = A_1 \cdot A_2 \cdot \text{rect}\left(\frac{t-\tau}{T_p}\right) \text{rect}\left(\frac{t-\tau}{T_p}\right) \cdot \exp[j2\pi(f_b t + \phi)]$$

其中， $S_{rl}(t)$ 为被探测目标经过时延 τ 反射回来的回波信号； $S_{Ref}(t)$ 是与 $S_{rl}(t)$ 类型相同的参考信号； $S_{If}(t)$ 为去斜回波信号； $f_b = k(\tau - \tau_0)$ ， $\text{rect}\left(\frac{t}{T}\right) = \begin{cases} 1, & t \leq \frac{T}{2} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$ ，

$\phi = 2\pi f_0(\tau_0 - \tau) + \pi k(\tau^2 - \tau_0^2)$ ； A_1 为回波信号的最大幅度值； A_2 为参考信号最大幅度值； τ 为回波信号相对于发射信号时间延迟， τ_0 为参考信号相对于发射信号的时间延迟； f_0 为中心频率； k 为LFMCW信号的调频率且 $k = B/T_p$ ， B 为信号带宽， T_p 为信号脉冲宽度； $\cdot$ 表示相乘， $*$ 表示共轭运算。

3.根据权利要求1所述的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法，其特征在于，所述对去斜回波信号进行频移处理并对频移处理后的去斜回波信号进行一比特量化，然后进行AD数据采集得到去斜信号数据，包括：

按如下公式对频移后的去斜回波信号进行一比特量化，得到去斜信号数据：

$S_{lb}(t) = \text{sign}[\text{real}(S_{lf}(t))] + j\text{sign}[\text{imag}(S_{lf}(t))]$; 其中, $S_{lb}(t)$ 为去斜信号数据。

4. 根据权利要求 1 所述的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法, 其特征在于, 所述对去斜信号数据进行傅里叶变换得到频谱, 包括:

对去斜回波数据的快时间维进行傅里叶变换处理, 得到对应各回波信号的频域窄脉冲;

根据脉冲频率轴位置与被探测目标的距离的正比关系, 得到频域窄脉冲的分辨率为 $1/T_p$, 以及距离分辨率和频率分辨率关系式: $\Delta f = k \frac{2\Delta R}{c}$; 其中, Δf 为频率分辨率, ΔR 为距离分辨率, k 为发射信号的调频斜率, c 为电磁波传播速度;

根据距离分辨率和频率分辨率的关系, 按如下公式得到雷达的距离分辨率:

$$\Delta R = \frac{c}{2k} \frac{1}{T_p} = \frac{c}{2B}; \text{ 其中, } B \text{ 表示 LFM CW 信号。}$$

5. 根据权利要求 1 所述的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法, 其特征在于, 所述对每一通道的频谱求归一化幅度并得到幅度值, 然后进行恒虚警率检测得到真实目标的距离和虚假目标的距离, 并将真实目标的距离和虚假目标的距离对应的采样点保存; 筛选出无重复的采样点并构建距离-通道数据块, 包括:

对每一通道的频谱求归一化幅度并得到幅度值;

根据幅度值对每一通道的频谱进行恒虚警率检测, 并将检测到的被探测目标的频率谱线序号进行记录, 然后剔除重复的谱线序号, 将剩余的谱线与谱线对应的多个通道的采样点构成距离-通道数据块。

6. 根据权利要求 1 所述的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法, 其特征在于, 所述对每一通道的一比特量化后的去斜信号数据进行采样, 得到多快拍并对所有多快拍进行前后向空间平滑波达角度估计, 得到基于多快拍的波达角度信息, 包括:

将所述多快拍按如下公式构造前后向空间平滑协方差矩阵;

$$R_q^f(t) = E[x_q^f(t), x_q^f(t)^H] = A_M D^{q-1} R_s (D^{q-1})^H A_M^H + \sigma^2 I;$$

其中, $E[x_q^f(t), x_q^f(t)^H]$ 表示求协方差均值运算, $R_q^f(t)$ 表示第 q 个前向子阵的协方差矩阵, 上标 f 表示 *fornt*, $x_q^f(t)$ 表示第 q 个前向子阵的输出, $x_q^f(t)^H$ 表示第 q 个前向子阵的输出的共轭转置运算;

$A_M D^{q-1} R_s (D^{q-1})^H A_M^H$ 整体表示回波信号(除噪声外)的协方差矩阵, A_M 表示子阵的方向矩阵, D^{q-1} 表示第对角矩阵 D 的 $q-1$ 次方运算, 其中 D 的表达式为:

$$D = \text{diag}(e^{j\frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_1}, e^{j\frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_2}, \dots, e^{j\frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_K}), A_M^H \text{ 表示 } A_M \text{ 的共轭转置};$$

$\sigma^2 I$ 整体表示噪声的协方差矩阵, σ^2 表示回波信号噪声的自协方差, σ 表示方差, I 表示单位矩阵;

然后根据如下公式进行特征值分解:

$$R_f = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q R_q^f;$$

再根据如下公式将分解后得到的特征向量划分为信号子空间和噪声子空间:

$$R_b = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q R_q^b;$$

最后根据噪声子空间与阵列响应矩阵的正交关系构造空间谱函数，并对空间谱函数进行峰值搜索获得基于多快拍的波达角度信息。

7.根据权利要求6所述的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法，其特征在于，所述将基于单快拍的波达角度信息和基于多快拍的波达角度信息进行作差比较，从基于单快拍的波达角度信息中选出角度差最小的角度所对应的距离，并将该距离作为真实目标的距离，包括：

按如下公式进行作差比较计算，在基于单快拍的波达角度信息中得到角度差最小的角度：

$$A_{\min} = \sum_{m=1}^M \min(\sum_{n=1}^N |Angle1(n) - Angle2(m)|);$$

其中， $Angle1$ 为基于多快拍的波达角度信息， $Angle2$ 为基于单快拍的波达角度信息， M 为基于多快拍的波达角度信息中的角度数量， N 为基于单快拍的波达角度信息中的角度数量。

最后将基于单快拍的波达角度信息中角度差最小的角度所对应的距离作为真实目标的距离。

8.一种剔除一比特信号谐波虚假目标的装置，其特征在于，包括：

获取单元，用于获取阵列雷达检测到的被探测目标的回波信号并对回波信号进行去斜处理得到去斜回波信号；

采样单元，用于对去斜回波信号进行频移处理并对频移处理后的去斜回波信号进行一比特量化，然后进行AD数据采集得到去斜信号数据；

傅里叶变换单元，用于对去斜信号数据进行傅里叶变换得到频谱；

检测单元，用于对每一通道的频谱求归一化幅度并得到幅度值，然后进行恒虚警率检测得到真实目标的距离和虚假目标的距离，并将真实目标的距离和虚假目标的距离对应的采样点保存；筛选出无重复的采样点并构建距离-通道数据块；

第一估计单元，用于对距离-通道数据块的每一采样点对应的单快拍进行前后向空间平滑波达角度估计，得到基于单快拍的波达角度信息；

第二估计单元，用于对每一通道的一比特量化后的去斜信号数据进行采样，得到多快拍并对所有多快拍进行前后向空间平滑波达角度估计，得到基于多快拍的波达角度信息；

作差比较单元，用于将基于单快拍的波达角度信息和基于多快拍的波达角度信息进行作差比较，从基于单快拍的波达角度信息中选出角度差最小的角度所对应的距离，并将该距离作为真实目标的距离。

9.一种计算机设备，包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求1至7中任一项所述的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法。

10.一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序当被处理器执行时使所述处理器执行如权利要求1至7任一项所述的剔除一比特信号谐波虚假目标的方法。

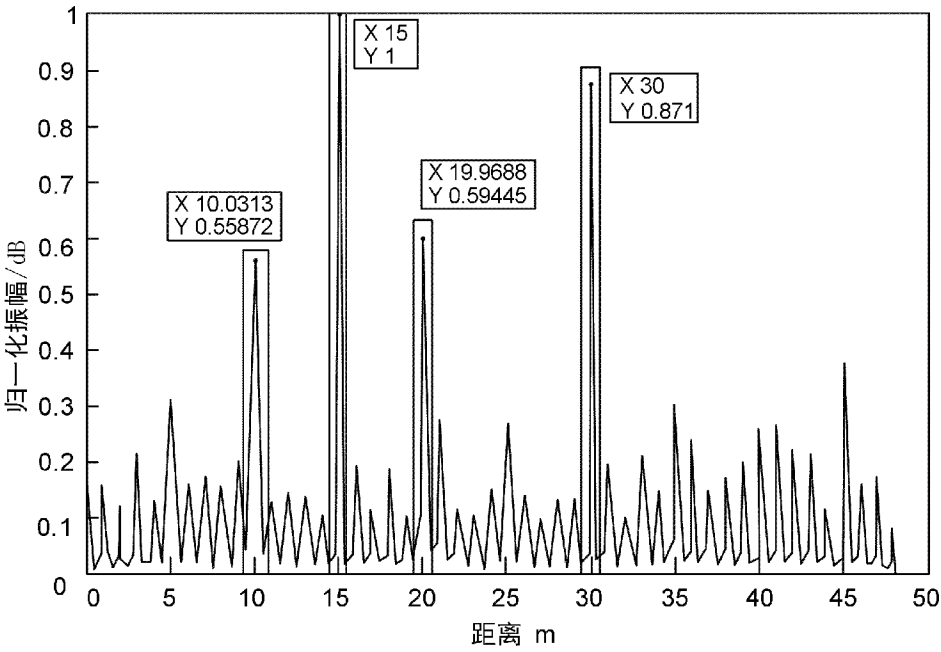


图 1

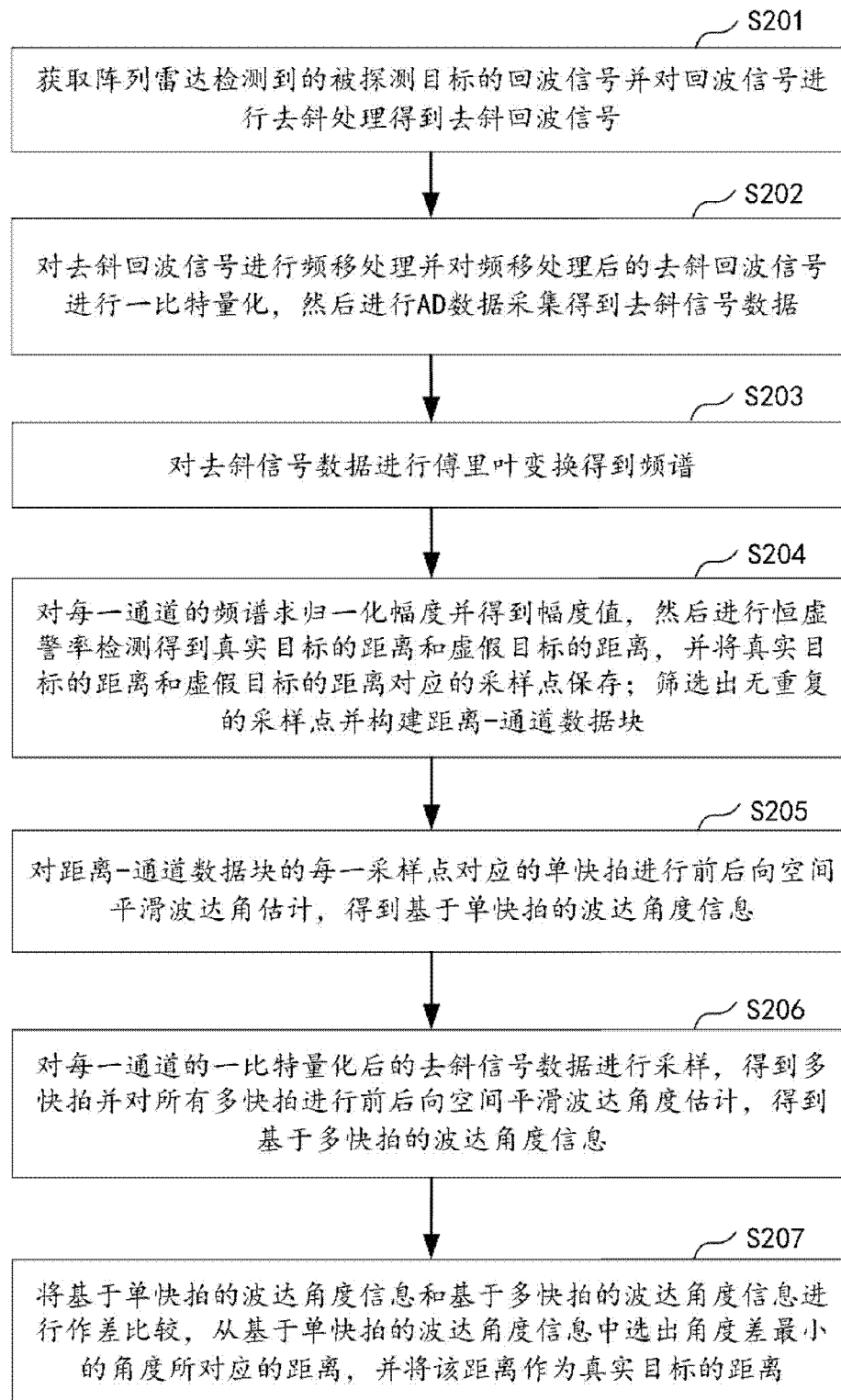


图 2

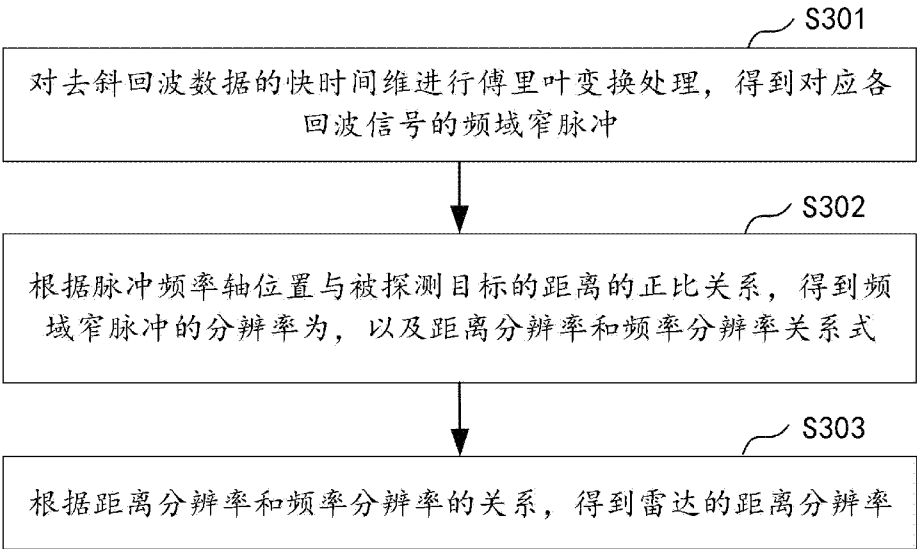


图 3

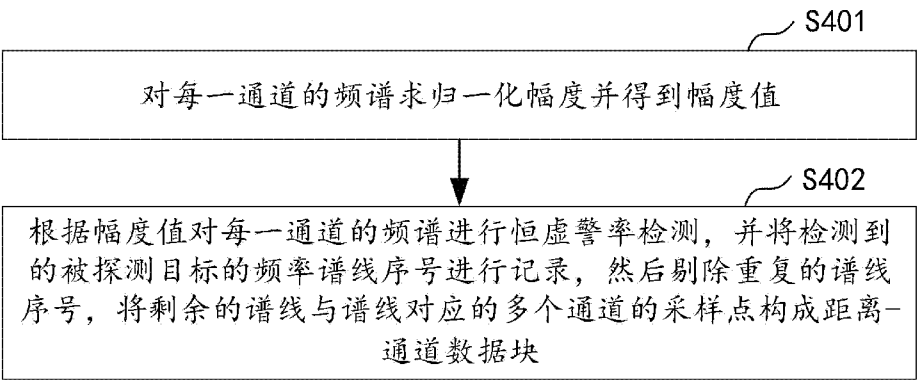


图 4

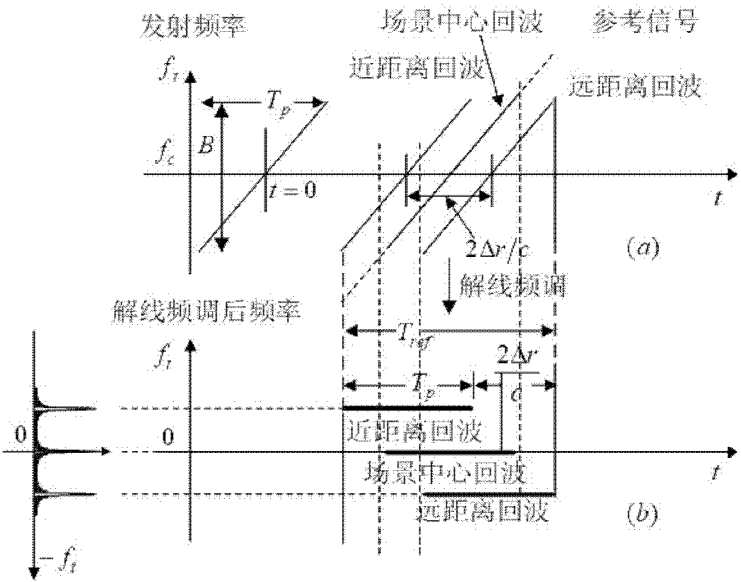


图 5

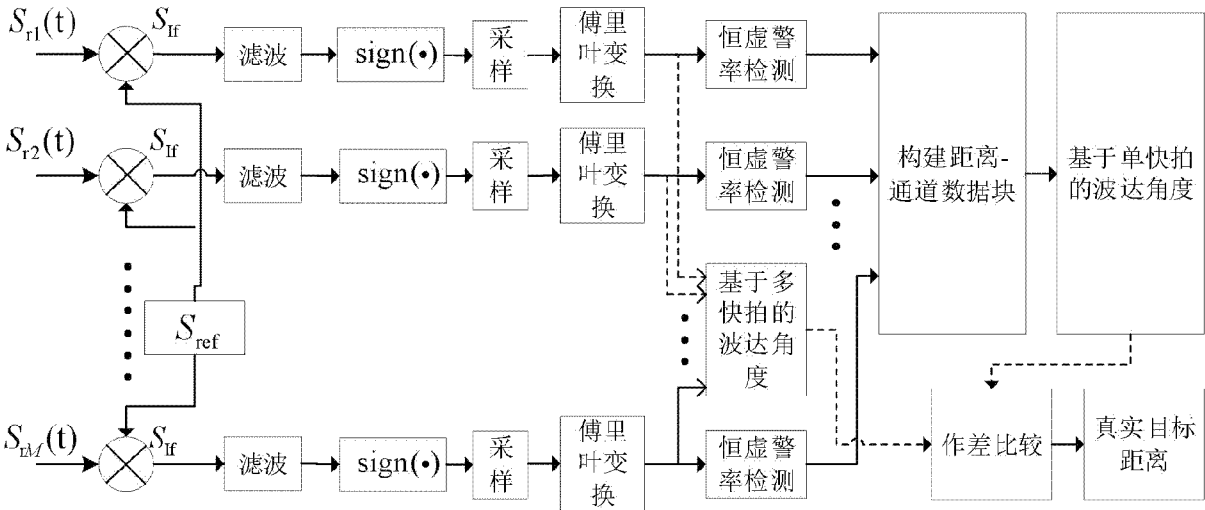


图 6

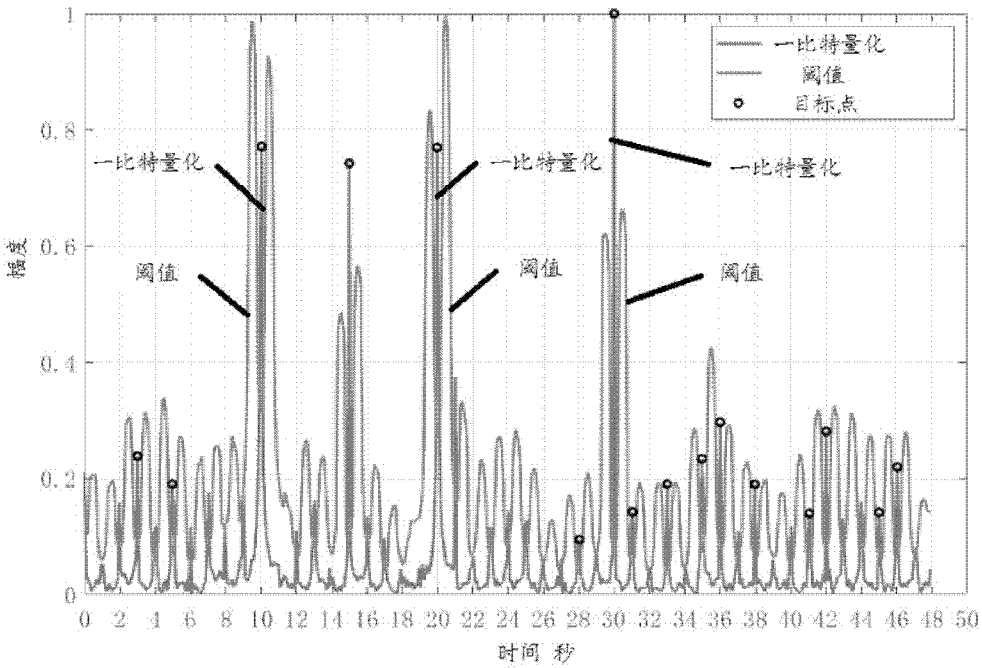


图 7

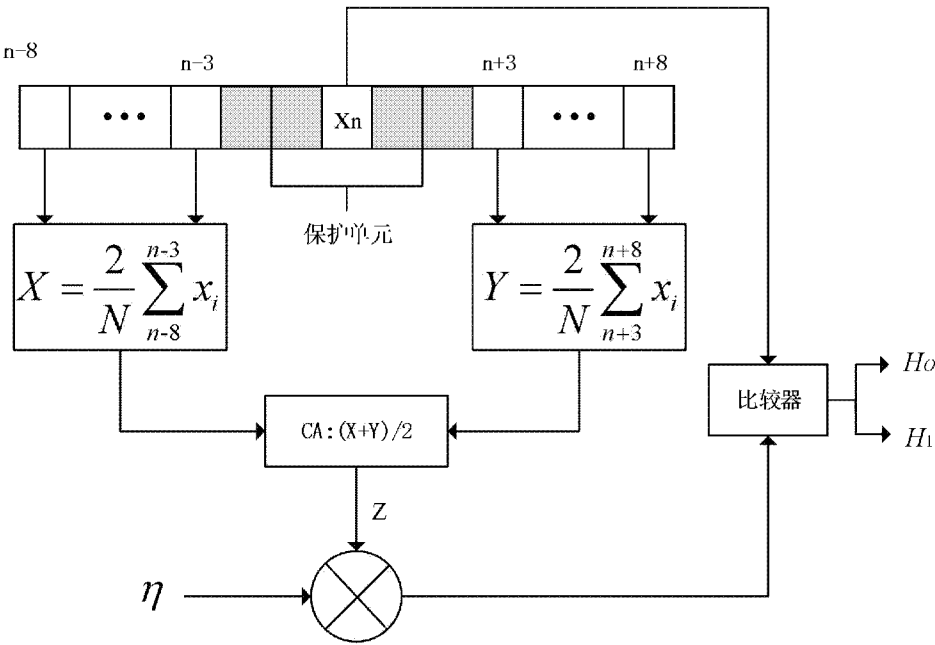


图 8

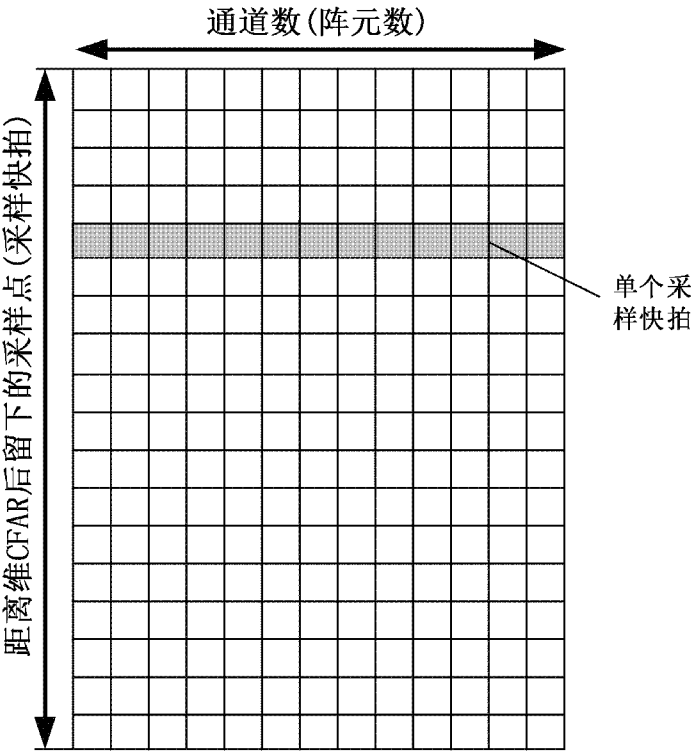


图 9

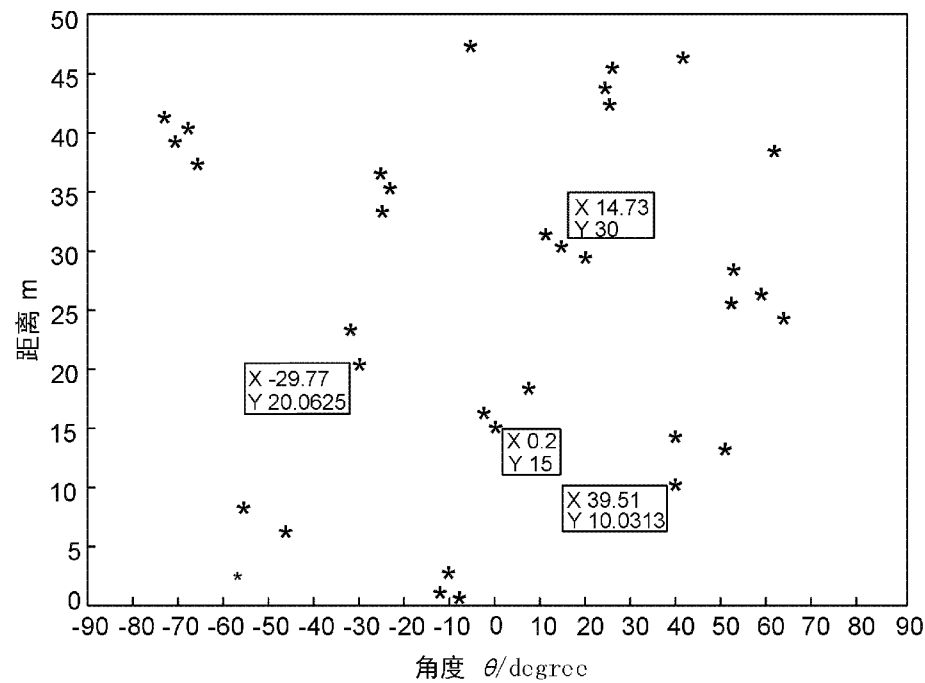


图 10

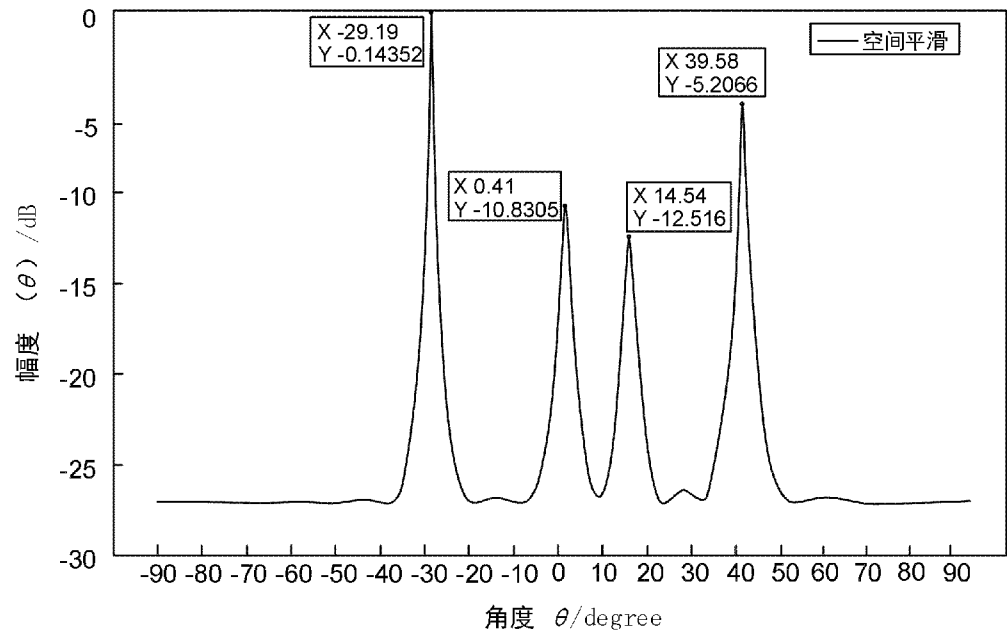


图 11

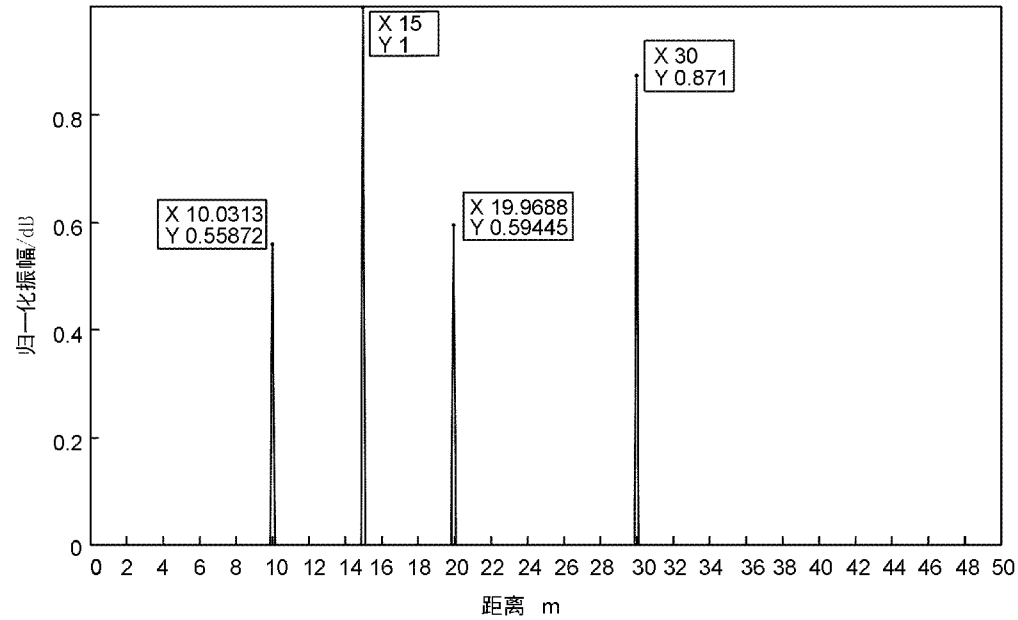


图 12

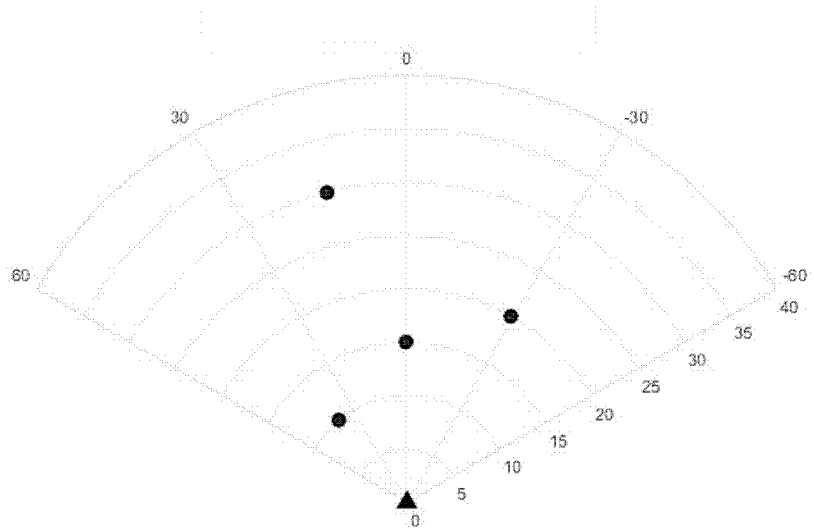


图 13

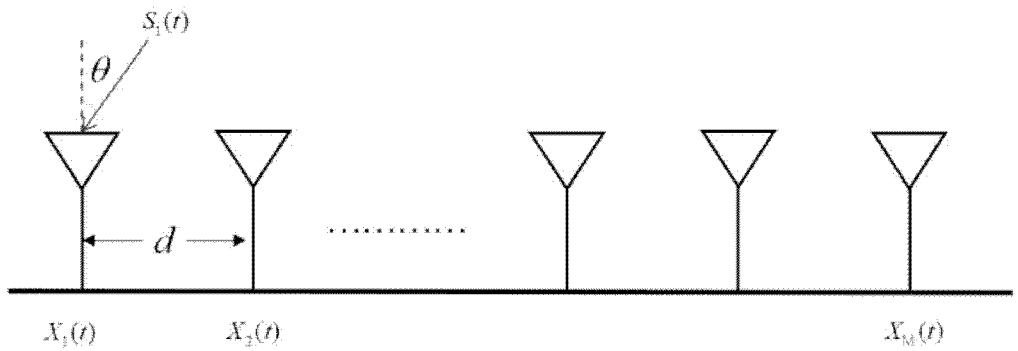


图 14

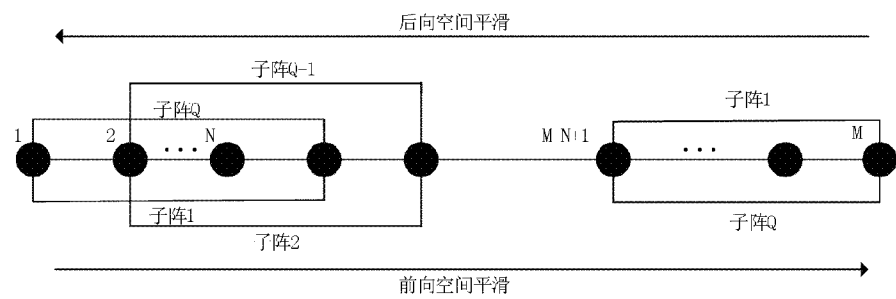


图 15

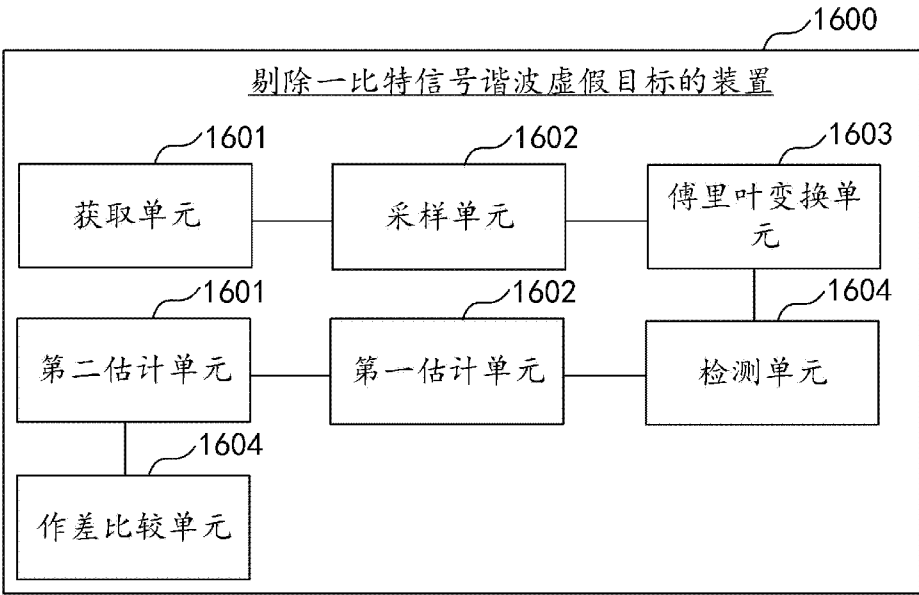


图 16

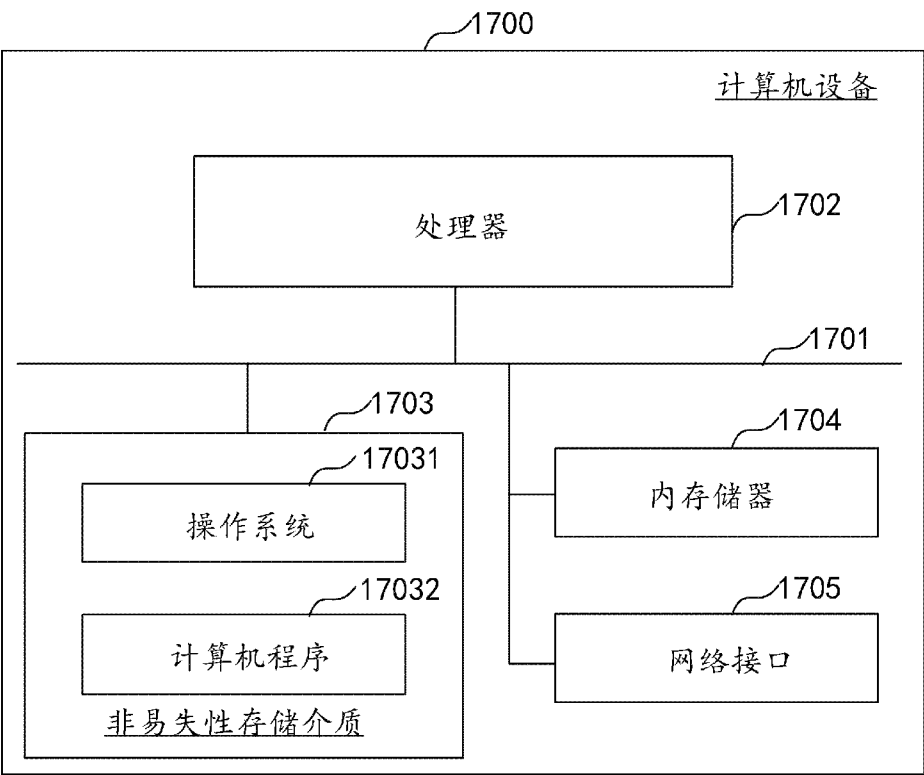


图 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/098573

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S 7/41(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: 谐波, 虚假, 去斜, 斜率, 回波, 归一, 规一, 采样, 模数, 单快拍, 多快拍, 波达角, 到达角, 傅里叶, 傅立叶, 作差, 差分, 距离, 角; harmonic, false, artificial, echo, snapshot, slope, AD, fourier, difference, distance, angle, normalization

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 111736131 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 02 October 2020 (2020-10-02) claims 1-10	1-10
A	杨涵 (YANG, Han). "单比特数字接收机测频测向性能研究 (Research on Performance of Frequency Measurement and Directions Estimation for Monobit Digital Receiver)" 《中国优秀博硕士学位论文全文数据库(硕士)信息科技辑》 (Chinese Selected Doctoral Dissertations and Master's Theses Full-Text Databases (Master), Information Science and Technology), No. 3, 15 March 2013 (2013-03-15), ISSN: 1674-0246, Full text, pages 3-13, 19, 45-46	1-10
A	CN 111077505 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 28 April 2020 (2020-04-28) entire document	1-10
A	CN 111077503 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 28 April 2020 (2020-04-28) entire document	1-10
A	CN 106772280 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 31 May 2017 (2017-05-31) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 August 2021

Date of mailing of the international search report

26 August 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/098573

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 8362946 B2 (TREX ENTERPRISES CORP.) 29 January 2013 (2013-01-29) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/098573

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111736131	A	02 October 2020	None			
CN	111077505	A	28 April 2020	None			
CN	111077503	A	28 April 2020	None			
CN	106772280	A	31 May 2017	CN	106772280	B	05 March 2019
US	8362946	B2	29 January 2013	US	2011199254	A1	18 August 2011

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/098573

A. 主题的分类 G01S 7/41 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G01S 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI: 谐波, 虚假, 去斜, 斜率, 回波, 归一, 规一, 采样, 模数, 单快拍, 多快拍, 波达角, 到达角, 傅里叶, 傅立叶, 作差, 差分, 距离, 角; harmonic, false, artificial, echo, snapshot, slope, AD, fourier, difference, distance, angle, normalization																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 111736131 A (深圳大学) 2020年 10月 2日 (2020 - 10 - 02) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>杨涵, “单比特数字接收机测频测向性能研究” 《中国优秀博硕士学位论文全文数据库 (硕士) 信息科技辑》, 第3期, 2013年 3月 15日 (2013 - 03 - 15), ISSN: 1674-0246, 正文第3-13, 19, 45-46页</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111077505 A (深圳大学) 2020年 4月 28日 (2020 - 04 - 28) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111077503 A (深圳大学) 2020年 4月 28日 (2020 - 04 - 28) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106772280 A (深圳大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 8362946 B2 (TREX ENTERPRISES CORP.) 2013年 1月 29日 (2013 - 01 - 29) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 111736131 A (深圳大学) 2020年 10月 2日 (2020 - 10 - 02) 权利要求1-10	1-10	A	杨涵, “单比特数字接收机测频测向性能研究” 《中国优秀博硕士学位论文全文数据库 (硕士) 信息科技辑》, 第3期, 2013年 3月 15日 (2013 - 03 - 15), ISSN: 1674-0246, 正文第3-13, 19, 45-46页	1-10	A	CN 111077505 A (深圳大学) 2020年 4月 28日 (2020 - 04 - 28) 全文	1-10	A	CN 111077503 A (深圳大学) 2020年 4月 28日 (2020 - 04 - 28) 全文	1-10	A	CN 106772280 A (深圳大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 全文	1-10	A	US 8362946 B2 (TREX ENTERPRISES CORP.) 2013年 1月 29日 (2013 - 01 - 29) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 111736131 A (深圳大学) 2020年 10月 2日 (2020 - 10 - 02) 权利要求1-10	1-10																					
A	杨涵, “单比特数字接收机测频测向性能研究” 《中国优秀博硕士学位论文全文数据库 (硕士) 信息科技辑》, 第3期, 2013年 3月 15日 (2013 - 03 - 15), ISSN: 1674-0246, 正文第3-13, 19, 45-46页	1-10																					
A	CN 111077505 A (深圳大学) 2020年 4月 28日 (2020 - 04 - 28) 全文	1-10																					
A	CN 111077503 A (深圳大学) 2020年 4月 28日 (2020 - 04 - 28) 全文	1-10																					
A	CN 106772280 A (深圳大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 全文	1-10																					
A	US 8362946 B2 (TREX ENTERPRISES CORP.) 2013年 1月 29日 (2013 - 01 - 29) 全文	1-10																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td> “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																			
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																						
国际检索实际完成的日期 2021年 8月 17日		国际检索报告邮寄日期 2021年 8月 26日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 刘玫 电话号码 86- (10) -53962559																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/098573

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	111736131	A	2020年 10月 2日	无	
CN	111077505	A	2020年 4月 28日	无	
CN	111077503	A	2020年 4月 28日	无	
CN	106772280	A	2017年 5月 31日	CN 106772280	B 2019年 3月 5日
US	8362946	B2	2013年 1月 29日	US 2011199254	A1 2011年 8月 18日