



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119471663 A

(43) 申请公布日 2025. 02. 18

(21) 申请号 202411432536.0

(22) 申请日 2024.10.14

(71) 申请人 睿思微系统(烟台)有限公司

地址 264000 山东省烟台市中国(山东)自由贸易试验区烟台片区烟台开发区南昌大街6号2#厂房

(72) 发明人 龙勇军 陈高鹏 姚衡 李海龙 滕毅

(74) 专利代理机构 深圳市沈合专利代理事务所(特殊普通合伙) 44373

专利代理师 沈祖锋

(51) Int. Cl.

G01S 13/06 (2006.01)

G01S 7/02 (2006.01)

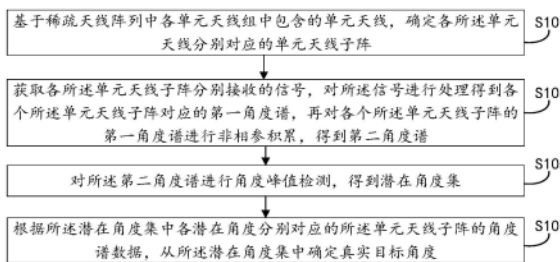
权利要求书3页 说明书12页 附图8页

(54) 发明名称

稀疏天线阵列的目标测角方法、车载毫米波雷达及产品

(57) 摘要

本申请提供一种稀疏天线阵列的目标测角方法、车载毫米波雷达及产品,稀疏天线阵列包括n个单元天线组重复排列,单元天线组内包括m个单元天线,单元天线组之间的间距与单元天线组内相邻单元天线之间的间距不相等,所述方法,包括:基于稀疏天线阵列中各单元天线组中包含的单元天线,确定各单元天线分别对应的单元天线子阵;获取各单元天线子阵分别接收的信号,对信号处理得到各个单元天线子阵对应的第一角度谱,再对各个单元天线子阵的第一角度谱进行非相参积累,得到第二角度谱;对第二角度谱进行角度峰值检测,得到潜在角度集;根据潜在角度集中各潜在角度分别对应的单元天线子阵的角度谱数据,从潜在角度集中确定真实目标角度。



1. 一种稀疏天线阵列的目标测角方法,所述稀疏天线阵列包括n个单元天线组重复排列,所述单元天线组内包括m个单元天线,所述单元天线组之间的间距与所述单元天线组内相邻单元天线之间的间距不相等,其特征在于,所述方法包括:

基于稀疏天线阵列中各单元天线组中包含的单元天线,确定各所述单元天线分别对应的单元天线子阵;其中,每一所述单元天线子阵由每一所述单元天线组内同序号的单元天线组成;

获取各所述单元天线子阵分别接收的信号,对所述信号进行处理得到各个所述单元天线子阵对应的第一角度谱,再对各个所述单元天线子阵的第一角度谱进行非相参积累,得到第二角度谱;

对所述第二角度谱进行角度峰值检测,得到潜在角度集;

根据所述潜在角度集中各潜在角度分别对应的所述单元天线子阵的角度谱数据,从所述潜在角度集中确定真实目标角度。

2. 根据权利要求1所述的稀疏天线阵列的目标测角方法,其特征在于,所述根据所述潜在角度集中各潜在角度分别对应的所述单元天线子阵的角度谱数据,从所述潜在角度集中确定真实目标角度,包括:

根据所述潜在角度集中各潜在角度分别对应的所述单元天线子阵的角度谱数据,通过各所述单元天线组构成的子阵间相位干涉仪利用相位干涉仪测角算法进行测角解模糊,从所述潜在角度集中确定真实目标角度。

3. 根据权利要求2所述的稀疏天线阵列的目标测角方法,其特征在于,所述单元天线包括第一单元天线T、第二单元天线C和第三单元天线S,所述单元天线子阵包括由所述第一单元天线T构成的第一单元天线子阵、由所述第二单元天线C构成的第二单元天线子阵和由所述第三单元天线S构成的第三单元天线子阵;所述根据所述潜在角度集中各潜在角度分别对应的所述单元天线子阵的角度谱数据,通过各所述单元天线组构成的子阵间相位干涉仪利用相位干涉仪测角算法进行测角解模糊,从所述潜在角度集中确定真实目标角度,包括:

根据所述潜在角度集中各潜在角度分别对应的所述第一单元天线子阵的角度谱数据 A_T 、所述第二单元天线子阵的角度谱数据 A_C 和所述第三单元天线子阵的角度谱数据 A_S ;

通过各所述单元天线组构成的子阵间相位干涉仪,利用相位干涉仪测角算法进行测角解模糊,根据所述潜在角度分别对应的所述角度谱数据 A_T 、 A_C 、 A_S 是否满足相位干涉关系,从所述潜在角度集中确定真实目标角度。

4. 根据权利要求3所述的稀疏天线阵列的目标测角方法,其特征在于,所述相位干涉关系如下:

$$\frac{A_C}{A_T} = e^{\frac{2\pi f d_1 \sin \theta}{\lambda}};$$

$$\frac{A_S}{A_T} = e^{\frac{2\pi f d_2 \sin \theta}{\lambda}};$$

其中,f表示发射和接收波形信号的频率, λ 表示发射波形信号的波长, d_1 为所述单元天线组内第一单元天线T和第二单元天线C之间的距离, d_2 为所述单元天线组内第二单元天线T和第三单元天线S之间的距离。

5. 根据权利要求4所述的稀疏天线阵列的目标测角方法,其特征在於,所述 d_1 和 d_2 分别满足如下关系:

$$\frac{2\pi d_1 \sin(\theta_{\max})}{\lambda} \leq \pi ;$$

$$\frac{2\pi (d_2 - d_1) \sin(\theta_{\max})}{\lambda} \leq \pi ;$$

其中, $0 < \theta_{\max} \leq 90^\circ$ 。

6. 根据权利要求4所述的稀疏天线阵列的目标测角方法,其特征在於,所述 d_1 为 0.5λ ,所述 d_2 为 λ 。

7. 根据权利要求4所述的稀疏天线阵列的目标测角方法,其特征在於,所述单元天线子阵内,相邻单元天线之间的距离为 d_0 ,所述 d_0 为 4λ 。

8. 根据权利要求1所述的稀疏天线阵列的目标测角方法,其特征在於,所述获取各所述单元天线子阵分别接收的信号,对所述信号进行处理得到各个所述单元天线子阵对应的第一角度谱,再对各个所述单元天线子阵的第一角度谱进行非相参积累,得到第二角度谱,包括:

对接收到的目标反射的波形信号进行离散数字信号采样处理后得到的离散数字信号进行一维距离FFT处理,得到一维距离FFT结果;

对所述一维距离FFT结果进行二维速度FFT处理,得到二维速度FFT结果;

对所述二维速度FFT结果进行恒虚警检测,得到过检点数据;

使用各所述单元天线子阵对所述过检点数据进行角度维FFT处理,得到各个所述单元天线子阵对应的第一角度谱,对所述第一角度谱进行非相参积累,得到第二角度谱。

9. 根据权利要求8所述的稀疏天线阵列的目标测角方法,其特征在於,所述根据所述潜在角度集中各潜在角度分别对应的所述单元天线子阵的角度谱数据,从所述潜在角度集中确定真实目标角度,包括:

选择所述潜在角度集中任一潜在角度,获取对应的所述单元天线子阵的角度维FFT结果;

根据各所述单元天线组构成的子阵间相位干涉仪的尺寸参数及所述角度维FFT结果,对所述子阵间相位干涉仪进行测向;

求取潜在角度与所述子阵间相位干涉仪测向角度之间的角度偏差;

判断所述角度偏差是否小于设定阈值;

若所述角度偏差小于所述设定阈值,则将当前的所述子阵间相位干涉仪测向结果作为合格测向结果;

循环完成所有潜在角度的测角解模糊,从所述潜在角度集中确定真实目标角度。

10. 一种车载毫米波雷达,其特征在於,包括毫米波雷达处理器和存储器,所述存储器存储有可被所述毫米波雷达处理器执行的计算机程序;

所述计算机程序被所述毫米波雷达处理器执行时实现如权利要求1至9中任一项所述的稀疏天线阵列的目标测角方法;

其中,测角所使用的天线阵列通过MIMO工作模式、或非MIMO工作模式形成。

11. 一种计算机程序产品,包括计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至9中任一项所述的稀疏天线阵列的目标测角方法。

稀疏天线阵列的目标测角方法、车载毫米波雷达及产品

技术领域

[0001] 本申请涉及车载雷达技术领域,特别是涉及一种稀疏天线阵列的目标测角方法、车载毫米波雷达及计算机程序产品。

背景技术

[0002] 毫米波雷达通过发射和接收电磁波进行目标探测和跟踪,能够同时测量目标的距离、速度及角度。与摄像头及激光雷达相比,毫米波雷达具有良好的环境适应性以及天气适应性,能够适应强光、夜晚、大雨、大雾以及粉尘等应用场景,已广泛用于车载ADAS (Advanced Driving Assistance System) 辅助驾驶系统以及车载AD (Autonomous Driving) 自动驾驶系统。通过摄像头、激光雷达以及毫米波雷达的相互融合,可提升智能决策的冗余性,实现ADAS辅助驾驶或者AD自动驾驶的高可靠性和高安全性。

[0003] 当前,毫米波雷达在车载中应用主要受限于角度分辨率,这也是毫米波雷达相对摄像头及激光雷达的主要劣势。为提高毫米波雷达的角度分辨能力,需增加毫米波雷达的测向孔径。车载毫米波雷达一般采用均匀半波长天线布阵,为实现大测向孔径,则需要更多的收发通道,导致硬件成本急剧攀升。

[0004] 为了改善均匀半波长布阵实现大测向孔径导致的硬件成本过高的问题,可以采取稀疏布阵方法,实现低成本、高角度分辨能力的测向方案。但是,稀疏布阵会引起高副瓣或者虚假栅瓣,其中非均匀稀疏阵会引起高副瓣,均匀稀疏阵会引起虚假栅瓣。

[0005] 为将稀疏布阵方法用于车载毫米波雷达,实现低成本的大测向孔径,提高车载毫米波雷达的角度分辨能力,需解决稀疏布阵高副瓣或者栅瓣导致的虚假目标问题。

发明内容

[0006] 为解决现有技术存在的问题,本申请提供一种可有效解决虚假目标问题的稀疏天线阵列的目标测角方法、车载毫米波雷达及计算机程序产品。

[0007] 第一方面,提供一种稀疏天线阵列的目标测角方法,所述稀疏天线阵列包括 n 个单元天线组重复排列,所述单元天线组内包括 m 个单元天线,所述单元天线组之间的间距与所述单元天线组内相邻单元天线之间的间距不相等,所述方法包括:

[0008] 基于稀疏天线阵列中各单元天线组中包含的单元天线,确定各所述单元天线分别对应的单元天线子阵;其中,每一所述单元天线子阵由每一所述单元天线组内同序号的单元天线组成;

[0009] 获取各所述单元天线子阵分别接收的信号,对所述信号进行处理得到各个所述单元天线子阵对应的第一角度谱,再对各个所述单元天线子阵的第一角度谱进行非相参积累,得到第二角度谱;

[0010] 对所述第二角度谱进行角度峰值检测,得到潜在角度集;

[0011] 根据所述潜在角度集中各潜在角度分别对应的所述单元天线子阵的角度谱数据,从所述潜在角度集中确定真实目标角度。

[0012] 第二方面,提供一种车载毫米波雷达,包括毫米波雷达处理器和存储器,所述存储器存储有可被所述毫米波雷达处理器执行的计算机程序;

[0013] 所述计算机程序被所述毫米波雷达处理器执行时实现本申请任一实施例所述的稀疏天线阵列的目标测角方法;

[0014] 其中,测角所使用的天线阵列通过MIMO工作模式、或非MIMO工作模式形成。

[0015] 第三方面,提供一种计算机程序产品,包括计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现本申请任一实施例所述的稀疏天线阵列的目标测角方法。

[0016] 上述实施例所提供的稀疏天线阵列的目标测角方法,利用n个单元天线组重复排列构成稀疏天线阵列,根据单元天线组中包含的单元天线,将稀疏天线阵列拆分为多个单元天线子阵,通过单元天线子阵分别接收信号,对信号进行处理得到各个单元天线子阵对应的第一角度谱,再对各个单元天线子阵的第一角度谱进行非相参积累得到第二角度谱,对第二角度谱进行角度峰值检测得到潜在角度集,根据潜在角度集中各潜在角度分别对应的单元天线子阵的角度谱数据,从潜在角度集中确定真实目标角度,如此,通过将稀疏天线阵列等效转换为多个作为稀疏均匀阵列的单元天线子阵,可利用各单元天线子阵接收的信号对应处理得到的第一角度谱用于后续筛选真实目标角度,从而利用稀疏均匀阵列以有效降低天线通道数量,降低雷达成本,并可利用单元天线子阵为接收单元得到的角度谱数据实现高分辨率测角并剔除栅瓣虚假目标。

[0017] 上述实施例提供的车载毫米波雷达、计算机程序产品,与对应的稀疏天线阵列的目标测角方法实施例属于同一构思,从而与对应的稀疏天线阵列的目标测角方法实施例具有相同的技术效果,在此不再赘述。

附图说明

[0018] 图1为一实施例中稀疏天线阵列的目标测角方法的应用场景图。

[0019] 图2为一实施例中车载毫米波雷达的结构示意图。

[0020] 图3为一实施例中稀疏天线阵列的目标测角方法的流程图。

[0021] 图4为一实施例中稀疏天线阵列的示意图。

[0022] 图5为图4所示稀疏天线阵列分解为多个单元天线子阵的示意图。

[0023] 图6为图4所示稀疏天线阵列等效为子阵间相位干涉仪的示意图。

[0024] 图7为一实施例中角度谱的示意图。

[0025] 图8为一已知的半波长非稀疏均匀天线阵列的示意图。

[0026] 图9为一个可选的具体示例中稀疏天线阵列的目标测角方法的原理示意图。

[0027] 图10为一个可选的具体示例中稀疏天线阵列的目标测角方法的流程图。

[0028] 图11为一实施例中车载毫米波雷达的工作流程图。

[0029] 图12为一可选的具体示例中稀疏天线阵列的示意图。

[0030] 图13为非MIMO工作模式下,形成稀疏天线阵列的发射阵列及接收阵列的示意图。

[0031] 图14为MIMO工作模式下,形成稀疏天线阵列的发射阵列及接收阵列的示意图。

[0032] 图15为图12所示稀疏天线阵列分解为多个单元天线子阵的示意图。

[0033] 图16为图12所示稀疏天线阵列等效为子阵间相位干涉仪的示意图。

[0034] 图17为目标来波方向为 10° 时对应的角度谱的示意图。

[0035] 图18为一实施例提供的车载毫米波雷达的结构示意图。

具体实施方式

[0036] 以下结合说明书附图及具体实施例对本发明技术方案做进一步的详细阐述。

[0037] 为了使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本申请作进一步地详细描述,所描述的实施例不应视为对本申请的限制,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它实施例,都属于本申请保护的范围。

[0038] 在以下的描述中,涉及到“一些实施例”的表述,其描述了所有可能实施例的子集,需要说明的是,“一些实施例”可以是所有可能实施例的相同子集或不同子集,并且可以在不冲突的情况下相互结合。

[0039] 在以下的描述中,所涉及的术语“第一、第二、第三”仅仅是区别类似的对象,不代表针对对象的特定排序,可以理解地,“第一、第二、第三”在允许的情况下可以互换特定的顺序或先后次序,以使这里描述的本申请实施例能够以除了在这里图示或描述的以外的顺序实施。

[0040] 请参阅图1,为本申请一实施例提供的稀疏天线阵列的目标测角方法应用于车载毫米波雷达的可选应用场景图,车载毫米波雷达200通常装设于交通工具100的车头两侧,常见安装位置不限于图1所示的前向位置,还包括前角、后向以及后角等位置,用于对周围环境目标(目标1、目标2、目标3)进行探测感知。

[0041] 请参阅图2,为车载毫米波雷达的结构示意图。该车载毫米波雷达主要由四个功能部分组成:

[0042] 1) 天线阵列,由发射阵列和接收阵列组成。车载毫米波雷达一般采用MIMO (Multiple-Input Multiple-Output,多进多出)工作模式,通过发射阵列各单元天线间的MIMO工作模式,实现测向所需的稀疏天线阵列。本申请实施例提供的稀疏天线阵列是指最终的测向天线阵列,该稀疏天线阵列可通过MIMO工作模式形成,也可通过非MIMO工作模式形成,形成稀疏天线阵列的具体方法并不影响实施例提供的稀疏天线阵列的目标测角方法的使用,单元天线的具体形式也不影响本申请实施例提供的稀疏天线阵列的目标测角方法的使用。

[0043] 2) MRTR (Millimeter-wave Radar Transceiver,毫米波雷达收发模块或者芯片),毫米波雷达收发功能模块,主要由发射组件、接收组件以及线性调频本振源组件组成。MRTR产生和发射毫米波雷达的工作波形信号,并接收和离散采样目标的反射波形信号,将采样后的反射波形信号发送给MRP (Millimeter-wave Radar Processor) 毫米波雷达处理器。

[0044] 3) MRP (Millimeter-wave Radar Processor),毫米波雷达处理器,接收来自MRTR的反射波形信号并进行数字处理,获得环境目标的距离、速度以及角度等信息,对目标实现聚类、识别以及航迹跟踪,并对外输出点云级探测结果或目标级探测结果。从主要功能上划分,MRP主要由测距模块、测速模块、测角模块以及目标聚类识别跟踪模块组成,以上模块可通过嵌入式软件、FPGA (Field Programmable Gate Array,现场可编程逻辑门) 或者ASIC (Application Specific Integrated Circuit,专用集成电路) 专用集成电路实现。本申请实施例提供的提供的稀疏天线阵列的目标测角方法主要在MRP测角模块中完成。MRP的实现形式、组成方式或者模块划分方式并不影响本申请实施例提供的稀疏天线阵列的目标测角

方法的使用。

[0045] 4) 可读写存储器,用于存储毫米波雷达的工作数据,包括提前存储的工作参数数据以及过程数据,典型如本申请实施例提供的稀疏天线阵列的结构尺寸参数,以及本申请实施例提供的稀疏天线阵列测角方法所需的阈值参数。

[0046] 需要说明的是,上述车载毫米波雷达各功能部分的构成形式或组成方式并不影响本申请实施例提供的稀疏天线阵列的目标测角方法的使用;在应用场景方面,本申请实施例提供的稀疏天线阵列的目标测角方法的使用,可适用于所有使用电磁波进行目标测向的应用,而不仅限于车载毫米波雷达应用。

[0047] 请参阅图3,为本申请实施例提供的一种稀疏天线阵列的目标测角方法,包括如下步骤:

[0048] S101,基于稀疏天线阵列中各单元天线组中包含的单元天线,确定各所述单元天线分别对应的单元天线子阵;其中,每一所述单元天线子阵由每一所述单元天线组内同序号的单元天线组成。

[0049] 稀疏天线阵列,是指相邻单元天线间距存在大于发射波形信号半波长情况的阵列。稀疏均匀阵列,是指相邻单元天线间距相等并且该间距大于发射波形信号半波长的阵列。半波长非稀疏均匀阵列,是指相邻单元天线间距相等并且该间距等于发射波形信号半波长。

[0050] 本实施例中,稀疏天线阵列包括 n 个单元天线组重复排列,每一单元天线组内包括 m 个单元天线,单元天线组之间的间距与单元天线组内相邻单元天线之间的间距不相等。

[0051] 请参阅图4,为 n 个单元天线组重复排列构成的稀疏天线阵列的示意图,每个单元天线组内包括 m 个单元天线。如, m 等于3,每一单元天线组内单元天线由图4所示三角形、圆形及矩形代表的3个单元天线构成,为了区分描述,分别称为第一单元天线T、第二单元天线C和第三单元天线S,每一单元天线组内,各单元天线的间距包括第一单元天线T和第二单元天线C之间的间距 d_1 、和第二单元天线T和第三单元天线S之间的间距 d_2 。单元天线组之间的间距 d_3 ,是指前一单元天线组的最后一个单元天线与后一单元天线组的第一个单元天线之间的距离,如前一单元天线组的第三单元天线S与后一单元天线组的第一单元天线T之间的间距。需要说明的是,每一单元天线组内单元天线的数量可以根据具体需求做适应性调整,增加或减少单各单元天线组内的单元天线的数量,稀疏天线阵列中单元天线组的数量也可以根据具体需求调整,增加或减少单元天线组的数量,每一单元天线组内单元天线的数量越多、和/或单元天线组的数量越多,通过各所述单元天线组构成的子阵间相位干涉仪的测向基线越长,有利于提升角度解模糊精度以及测角精度,提升测角结果对噪声的鲁棒性,但成本更高。

[0052] 请参阅图5,根据每一单元天线组内单元天线的数量,稀疏天线阵列可以拆分为多个单元天线子阵。每一单元天线子阵为稀疏均匀子阵。每一所述单元天线子阵由每一所述单元天线组内同序号的单元天线组成,仍以图4中,每一单元天线组内单元天线包括第一单元天线T、第二单元天线C和第三单元天线S为例,每一所述单元天线组内同序号的第一单元天线T组成第一单元天线子阵,同序号的第二单元天线C组成第二单元天线子阵,同序号的第三单元天线S组成第三单元天线子阵。各单元天线子阵内,相邻单元天线之间的间距,是指相邻两个单元天线组内同序号的两个单元天线之间的距离,用 d_0 表示,因此, d_0 至少大于

同一单元天线组内的单元天线之间的最大距离 d_2 ,在一个具体示例中, d_0 大于车载毫米波雷达的发射波形信号波长(用符号 λ 表示波长)的1.5倍,即 $d_0 > 1.5\lambda$ 。

[0053] S103,获取各所述单元天线子阵分别接收的信号,对所述信号进行处理得到各个所述单元天线子阵对应的第一角度谱,再对各个所述单元天线子阵的第一角度谱进行非相参积累,得到第二角度谱。

[0054] 稀疏天线阵列等效拆解为多个单元天线子阵,并以单元天线子阵作为回波信号数据的接收单元,利用多个单元天线子阵所形成的相位干涉,分别获得各所述单元天线子阵分别对应接收的信号,利用各个单元天线子阵对应的信号进行处理得到各个单元天线子阵对应的角度谱,再对各个单元天线子阵对应的角度谱进行非相参积累,得到用于角度峰值检测的角度谱。为了便于描述和区分,本申请实施例中,将对各个单元天线子阵对应的信号进行处理得到的与各个单元天线子阵对应的角度谱称为第一角度谱,而将对各个单元天线子阵对应的角度谱进行非相参积累得到的角度谱称为第二角度谱。其中,非相参积累,是指不利用信号的相位关系直接进行幅度或功率叠加的积累方法。

[0055] S105,对所述第二角度谱进行角度峰值检测,得到潜在角度集。

[0056] 对非相参积累后的第二角度谱进行角度峰值检测,可以得到包含所有真实角度和虚假角度的峰值检测结果,将角度峰值检测获得的真实角度和虚假角度组合形成潜在角度集,真实角度和虚假角度均可称为潜在角度。

[0057] S107,根据所述潜在角度集中各潜在角度分别对应的所述单元天线子阵的角度谱数据,从所述潜在角度集中确定真实目标角度。

[0058] 潜在角度分别对应的所述单元天线子阵的角度谱数据,是指各潜在角度对应的多个单元天线子阵作为接收单元接收到的信号进行处理后得到的角度谱。通过角度峰值检测得到所有的潜在角度后,可利用各单元天线子阵接收的信号对应处理得到的角度谱用于后续筛选真实目标角度。

[0059] 上述实施例提供的稀疏天线阵列的目标测角方法,利用 n 个单元天线组重复排列构成稀疏天线阵列,通过将稀疏天线阵列等效转换为多个作为稀疏均匀阵列的单元天线子阵,且通过将稀疏天线阵列的多单元天线组分解为多个单元天线子阵,以多个单元天线子阵作为接收单元接收到的信号进行处理后得到的角度谱,通过角度峰值检测得到所有的潜在角度后,可利用各单元天线子阵接收的信号对应处理得到的角度谱用于后续筛选真实目标角度,从而即可利用稀疏均匀阵列以有效降低天线通道数量,降低雷达成本,并可利用单元天线子阵为接收单元得到的角度谱数据实现高分辨率测角并剔除栅瓣虚假目标。

[0060] 在一些实施例中,步骤S107,包括:

[0061] 根据所述潜在角度集中各潜在角度分别对应的所述单元天线子阵的角度谱数据,通过各所述单元天线组构成的子阵间相位干涉仪利用相位干涉仪测角算法进行测角解模糊,从所述潜在角度集中确定真实目标角度。

[0062] 其中,稀疏天线阵列包含的各所述单元天线组分解后的多个单元天线子阵之间的相对空间位置,可以等效为子阵间相位干涉仪,如图6所示,第一单元天线T、第二单元天线C和第三单元天线S分别对应的子阵T、子阵C和子阵S之间的相对空间位置可等效为子阵间相位干涉仪TCS。

[0063] 相位干涉仪测角算法,是一种利用无线电信号到达测向天线的相位信息来进行测

向的技术。这种算法不受信号强度衰减的影响,与振幅法相比,具有更高的测向精度。相位干涉仪测角算法,通常是基于一维干涉仪的测向原理,当目标信号辐射至天线阵列时,由于天线阵列各阵元间存在一定的距离,导致同一基线上各阵元接收信号间存在一定的时差,这个时差可以在一定的条件下转换为相位差,即相位干涉仪测向算法可以利用各基线上阵元接收信号间的相位差完成对目标的测向。

[0064] 测角解模糊,是指在角度测量过程中,通过特定的技术或算法从模糊的角度测量结果中恢复出真实的角度值的过程。测角解模糊算法可以选自各种已知的算法,如通过增大基线长度、采用长短基线、高低频率和调频等方法,可有效提高角度测量的精度并减少模糊性,本申请对此不做限制。基于潜在角度集中各个潜在角度对应的单元天线子阵的角度谱数据,使用多个单元天线子阵等效的子阵间相位干涉仪利用相位干涉仪测角算法进行测角解模糊,删除虚假角度,获得真实来波方向角度而确定真实目标角度。

[0065] 如此,上述实施例提供的稀疏天线阵列的目标测角方法,以多个单元天线子阵作为接收单元接收到的信号进行处理得到的第一角度谱,通过非相参积累得到第二角度谱用于角度峰值检测,确定所有潜在角度后,可再以多个单元天线子阵作为接收单元所构成的子阵间相位干涉仪,从而适用于相位干涉仪测角算法,从所有潜在角度中确定真实目标角度。

[0066] 在一些实施例中,单元天线包括第一单元天线T、第二单元天线C和第三单元天线S,单元天线子阵包括由第一单元天线T构成的第一单元天线子阵、由第二单元天线C构成的第二单元天线子阵和由第三单元天线S构成的第三单元天线子阵;步骤S107,包括:

[0067] 根据所述潜在角度集中各潜在角度分别对应的所述第一单元天线子阵的角度谱数据 A_T 、所述第二单元天线子阵的角度谱数据 A_C 和所述第三单元天线子阵的角度谱数据 A_S ;

[0068] 通过各所述单元天线组构成的子阵间相位干涉仪,利用相位干涉仪测角算法进行测角解模糊,根据所述潜在角度分别对应的所述角度谱数据 A_T 、 A_C 、 A_S 是否满足相位干涉关系,以从所述潜在角度集中确定真实目标角度。

[0069] 可选的,所述相位干涉关系如下公式1和公式2所示:

$$\frac{A_C}{A_T} = e^{\frac{2\pi f d_1 \sin \theta}{\lambda}} \quad ; \quad (\text{公式 1})$$

[0070]

$$\frac{A_S}{A_T} = e^{\frac{2\pi f d_2 \sin \theta}{\lambda}} \quad ; \quad (\text{公式 2})$$

[0071] 其中, f 表示发射和接收波形信号的频率, λ 表示发射波形信号的波长, d_1 为所述单元天线组内第一单元天线T和第二单元天线C之间的距离, d_2 为所述单元天线组内第二单元天线T和第三单元天线S之间的距离。

[0072] 基于子阵T、子阵C和子阵S之间的相对空间位置等效的子阵间相位干涉仪TCS中,子阵T、子阵C和子阵S的相位干涉,各子阵接收到的信号满足公式1和公式2所示的理论关系。其中 A_T 表示子阵T接收的信号或者子阵T的复数角度谱, A_C 表示子阵C接收的信号或者子阵C的复数角度谱, A_S 表示子阵S接收的信号或者子阵S的复数角度谱。

[0073] 上述实施例中,第二角度谱是利用多个单元天线子阵的信号经处理得到对应的第一角度谱、再基于第一角度谱进行非相参积累得到的,潜在角度是针对第二角度谱通过角

度峰值检测得到的,利用潜在角度集中各个潜在角度分别对应的单元天线子阵的角度谱数据是否满足相位干涉关系,以从潜在角度集中确定真实目标角度。

[0074] 在一些实施例中,子阵间相位干涉仪中, d_1 和 d_2 分别满足如下关系,如公式3和公式4所示:

$$\frac{2\pi d_1 \sin(\theta_{\max})}{\lambda} \leq \pi \quad (\text{公式 3})$$

[0075]

$$\frac{2\pi(d_2 - d_1) \sin(\theta_{\max})}{\lambda} \leq \pi \quad (\text{公式 4})$$

[0076] 其中, $0 < \theta_{\max} \leq 90^\circ$ 。

[0077] 各所述单元天线组分解后的多个单元天线子阵构成的子阵间相位干涉仪,其中,表征不同的单元天线子阵之间的相对空间位置的尺寸, d_1 和 d_2 需满足相位干涉仪在测向角度覆盖范围内的测向解模糊要求,来波方向角度 θ 的最大覆盖范围为 θ_{\max} ,对 d_1 和 d_2 的约束关系如公式3和公式4所示。

[0078] 在一个可选的具体示例中, d_1 为 0.5λ , d_2 为 λ 。如此,各所述单元天线组分解后的多个单元天线子阵的组合,可等效为半波长非稀疏均匀阵列的子阵间相位干涉仪。

[0079] 在一可选的具体示例中,各个单元天线子阵内,相邻单元天线之间的距离为 d_0 , d_0 为 4λ 。其中, d_0 的大小与各单元天线组中单元天线的数量、各单元天线组中相邻单元天线之间的距离、及相邻的单元天线组之间的距离相关。以由子阵T、子阵C和子阵S组成的子阵间相位干涉仪TCS为例,子阵间相位干涉仪TCS为3单元相位干涉仪或2基线相位干涉仪。需要说明的是,本申请实施例中稀疏天线阵列并不限于构成的3单元相位干涉仪或2基线相位干涉仪,可以增加或减小相位干涉仪中的单元天线数量,单元天线数量越多,子阵间相位干涉仪测向基线越长,可有效提升角度解模糊精度及测角精度,提升测角结果对噪声的鲁棒性,但是成本更高;单元天线数量越少,成本更低,但是子阵间相位干涉仪测向基线越短,测角结果对噪声的鲁棒性降低。

[0080] 在一些实施例中,步骤S103,包括:

[0081] 对接收到的目标反射的波形信号进行离散数字信号采样处理后得到的离散数字信号进行一维距离FFT处理,得到一维距离FFT结果;

[0082] 对所述一维距离FFT结果进行二维速度FFT处理,得到二维速度FFT结果;

[0083] 对所述二维速度FFT结果进行恒虚警检测,得到过检点数据;

[0084] 使用各所述单元天线子阵对所述过检点数据进行角度维FFT处理,,得到各个所述单元天线子阵对应的第一角度谱,对所述第一角度谱进行非相参积累,得到第二角度谱。

[0085] 其中,各单元天线子阵分别接收的信号,主要是指通过子阵T、子阵C、子阵S获取测角所需的信息,一般为子阵T、子阵C、子阵S内部天线通道间的相对幅度信息和相对相位信息,再通过FFT(Fast Fourier Transform,快速傅里叶变换)测角运算或者DBF(Digital Beam Forming,数字波束形成)测角运算,本实施例中,测角运算主要包括一维距离FFT处理、二维速度FFT处理和恒虚警检测,以获得子阵T、子阵C、子阵S分别对应的角度谱(即第一角度谱);对子阵T、子阵C、子阵S各自对应的角度谱进行非相参积累,从而提升角度峰值检测的灵敏度,获得用于角度峰值检测的角度谱(即第二角度谱)。

[0086] 在一些实施例中,步骤S107,包括:

[0087] 选择所述潜在角度集中任一潜在角度,获取对应的所述单元天线子阵的角度维FFT结果;

[0088] 根据各所述单元天线组构成的子阵间相位干涉仪的尺寸参数及所述角度维FFT结果,对所述子阵间相位干涉仪进行测向;

[0089] 求取潜在角度与所述子阵间相位干涉仪测向角度之间的角度偏差;

[0090] 判断所述角度偏差是否小于设定阈值;

[0091] 若所述角度偏差小于所述设定阈值,则将当前的所述子阵间相位干涉仪测向结果作为合格测向结果;

[0092] 循环完成所有潜在角度的测角解模糊,从所述潜在角度集中确定真实目标角度。

[0093] 其中,基于单元天线子阵对应的均匀稀疏子阵存在栅瓣,目标真实角度为 θ ,但存在由栅瓣引起的虚假角度 θ_{f1} 、 θ_{f2} 、 θ_{f3} 、 θ_{f4} ,对第二角度谱进行峰值检测后的所有过检测点将包括真实角度为 θ 以及虚假角度 θ_{f1} 、 θ_{f2} 、 θ_{f3} 、 θ_{f4} ,仅靠峰值检测结果,无法区分真实角度 θ 以及虚假角度 θ_{f1} 、 θ_{f2} 、 θ_{f3} 、 θ_{f4} 。为了方便描述,使用真实角度 θ 及虚假角度 θ_{f1} 、 θ_{f2} 、 θ_{f3} 、 θ_{f4} 来表示进行角度峰值检测得到的潜在角度,但在进行测角解模糊之前,无法明确真实角度及虚假角度;将角度峰值检测获取的真实角度 θ 以及所有虚假角度 θ_{f1} 、 θ_{f2} 、 θ_{f3} 、 θ_{f4} 组合形成潜在角度集,并根据潜在角度集在第二角度谱中的索引,分别获取潜在角度集中各个潜在角度对应的子阵T、子阵C、子阵S的角度维FFT数据;基于各潜在角度分别对应的子阵T、子阵C、子阵S的角度维FFT数据,使用子阵间相位干涉仪TCS进行测角解模糊,根据各潜在角度与子阵间相位干涉仪测向角度之间的角度偏差是否小于设定阈值,剔除虚假角度 θ_{f1} 、 θ_{f2} 、 θ_{f3} 、 θ_{f4} ,获得真实来波方向角度 θ 。

[0094] 如图7所示,用于角度峰值检测的角度谱中,目标来波方向仅来自主瓣方位,栅瓣-1、栅瓣-2、栅瓣-3、栅瓣-4所示方向为虚假目标。栅瓣虚假目标的位置以及个数与目标来波,与T子阵、C子阵以及S子阵的间距和单元天线个数,车载毫米波雷达发射波形信号波长 λ 等参数有关。通过子阵间相位干涉仪利用相位干涉仪测角算法进行测角解模糊,可以对T子阵、C子阵以及S子阵高分辨测向结果进行栅瓣虚假解模糊,剔除栅瓣-1、栅瓣-2、栅瓣-3、栅瓣-4所示方向的虚假目标,获得主瓣方位测向结果,也即确定真实目标角度。

[0095] 为了能够对本申请实施例提供的稀疏天线阵列的目标测角方法具有更加整理的理解,请结合参阅图8至图17,以图2所示的车载毫米波雷达的结构、以及图4所示的稀疏天线阵列为例,对车载毫米波雷达的主要工作流程以及稀疏天线阵列的目标测角方法的流程进行说明。

[0096] 其中,稀疏天线阵列可通过MIMO工作模式形成,也可通过非MIMO工作模式形成,也可能是全部实体天线阵列,也可能是实体天线阵列的部分子阵,形成稀疏天线阵列的具体方法并不影响本申请实施例提供的稀疏天线阵列的目标测角方法的使用。

[0097] 在发射波形信号的波长 λ 保持一样的情况下,阵列测角分辨率取决于阵列孔径的大小。阵列孔径越大,其测角分辨率越小,车载毫米波雷达对多目标的分辨能力越强。本示例中,用于高分辨测向的稀疏均匀子阵,T子阵、C子阵以及S子阵的孔径大小为 $D_0 = (n-1) * d_0$ 。

[0098] 请参阅图8,已知的半波长非稀疏均匀布阵的天线阵列,为实现T、C、S子阵相同的

测向孔径,则需要天线个数为 $m=D_0/(0.5\lambda)+1=(n-1)*d_0/(0.5\lambda)+1$ 。由于 $d_0>0.5\lambda$,因此 $m>n$,半波长非稀疏均匀阵列的天线通道数量远远大于稀疏均匀布阵的天线通道数量,稀疏均匀布阵可有效降低天线通道数量,进而降低雷达成本。

[0099] 具体的,下面举例说明本申请实施例提供的稀疏均匀布阵相对于图8所示的已知的半波长非稀疏均匀布阵的优势:

[0100] 针对如图8所示的半波长非稀疏均匀阵列,角度分辨率 $\Delta\theta$ (单位rad)与单元天线数量 m 之间关系如下公式5所示:

$$[0101] \quad \Delta\theta \approx \frac{2}{m}; \quad (\text{公式 } 5)$$

[0102] 以车载毫米波雷达实现 1° (对应 0.0175rad)的角度分辨率为例,半波长非稀疏均匀阵列的天线数量基于公式5计算,可知 $m=114$ 个。

$$[0103] \quad m = \frac{2}{0.0175} \approx 114$$

[0104] 而作为本申请实施例提出的基于 n 个单元天线组重复排列构成的稀疏均匀阵列的示例,子阵间相位干涉仪中,稀疏均匀阵列的尺寸设计可以为如下公式6-8所示:

$$[0105] \quad d_0 = 4\lambda; \quad (\text{公式 } 6)$$

$$[0106] \quad d_1 = 0.5\lambda; \quad (\text{公式 } 7)$$

$$[0107] \quad d_2 = \lambda; \quad (\text{公式 } 8)$$

[0108] 均匀稀疏阵列对应于 $d_0=4\lambda$ 的示例,为实现 1° (对应 0.0175rad)的角度分辨率,则单元天线组的数量为 $n=14$ 个,如公式9、图12-14所示。

$$[0109] \quad n = \frac{114}{8} \approx 14; \quad (\text{公式 } 9)$$

[0110] 图12所示均匀稀疏阵列示例的天线个数为 $14*3=42$,仅为图8所示半波长非稀疏均匀阵列示例的天线个数的 $42/114=37\%$,均匀稀疏阵列大幅降低车载毫米波雷达的天线数量和通道数量。图12所示稀疏均匀阵列示例可以通过非MIMO形成的实体阵列,也可以是通过MIMO形成的虚拟阵列;可为全部阵列,也可为全部阵列中的部分子阵。

[0111] 如果为非MIMO工作模式,典型如发射阵列采取全阵相控阵合成工作模式,图12所示稀疏均匀阵列则表示全部接收阵列,或者为接收阵列的一部分。示例的,如果为非MIMO工作模式,稀疏均匀阵列的车载毫米波雷达的发射阵列和接收阵列可如图13所示,发射阵列的拓扑结构不影响接收阵列的测向使用。

[0112] 如果为MIMO工作模式,图12所示稀疏均匀阵列则表示全部MIMO虚拟接收阵列,或为全部MIMO虚拟接收阵列的一部分。示例的,如果为MIMO工作模式,图12所示稀疏均匀阵列的车载毫米波雷达的发射阵列和接收阵列可如图14所示。

[0113] 本申请实施例提供的车载毫米波雷达的稀疏天线阵列的目标测角方法,主要由图2中所示的MRP毫米波雷达处理器执行,如图9及图10所示,包括如下步骤:

[0114] S11,通过子阵T、子阵C及子阵S获取测角所需信息;测角所需信息主要包括子阵T、子阵C及子阵S内部天线通道间的相对幅度信息和相对相位信息。

[0115] S12,通过FFT(Fast Fourier Transform,快速傅里叶变换)测角运算或者DBF(Digital Beam Forming,数字波束形成)测角运算,获得子阵T、子阵C及子阵S的角度谱。

- [0116] S13,对子阵T、子阵C及子阵S的角度谱进行非相参积累,获得用于角度峰值检测的角度谱。其中,进行非相参积累,可以提升角度峰值检测的灵敏度。
- [0117] S14,对非相参积累后的角度谱进行角度峰值检测。
- [0118] S15,将角度峰值检测获取的角度组合形成潜在角度集,并根据潜在角度集在用于角度峰值检测的角度谱中的索引,分别获取潜在角度集中各个潜在角度对应的子阵T、子阵C及子阵S的角度FFT数据。
- [0119] S16,利用各潜在角度对应的子阵T、子阵C及子阵S的角度FFT数据,使用子阵间相位干涉仪TCS进行测角解模糊,确定真实目标角度。
- [0120] 由于均匀稀疏阵存在栅瓣,对非相参积累后的角度谱进行峰值检测后的所有过检测点将包括真实角度和虚假角度信息,仅靠角度峰值检测结果,无法区分括真实角度及虚假角度。基于真实角度及虚假角度形成的潜在角度集,并利用子阵间相位干涉仪TCS进行测角解模糊计算,以剔除虚假角度,获得真实来波方向角度。
- [0121] 使用本申请实施例提出的稀疏天线阵列及其测角方法的车载毫米波雷达的典型工作流程,如图11所示,包括如下步骤:
- [0122] S211,车载毫米波雷达上电初始化。
- [0123] S212,车载毫米波雷达收到开始工作指令。
- [0124] S221,MRTR芯片接收目标反射的波形信号。
- [0125] S222,MRTR芯片对接收的目标反射的波形信号进行离散ADC采样。
- [0126] S230,MRP芯片对来自MRTR芯片的离散ADC信号进行一维距离FFT处理。
- [0127] S231,MRP芯片对一维距离FFT处理结果进行二维速度FFT处理。
- [0128] S232,MRP芯片对二维速度FFT处理结果进行CFAR恒虚警检测。
- [0129] S233,MRP芯片分别使用子阵T、子阵C及子阵S对恒虚警检测的过检点进行角度维FFT处理。
- [0130] S234,MRP芯片对子阵T、子阵C及子阵S的角度维FFT结果进行非相参积累。
- [0131] S235,MRP芯片对非相参积累后的角度FFT结果进行角度峰值检测。
- [0132] S236,根据稀疏天线阵列的尺寸参数,MRP芯片对角度峰值检测结果进行主瓣和栅瓣配对。这里,需要说明的是,主瓣和栅瓣配对是指角度峰值检测的一种可选的检测原理,通过对检测到的辐射强度进行筛选,找到辐射强度最大、且强度与其基本匹配的峰值作为主瓣和栅瓣配对结果,依次确定所有潜在角度,形成潜在角度集。
- [0133] S237,MRP芯片选择主瓣和栅瓣配对结果中的任一角度。也即,选择潜在角度集中的任一潜在角度。
- [0134] S238,MRP芯片使用选择的角度的索引获取子阵T、子阵C及子阵S的角度维FFT结果。
- [0135] S239,根据子阵T、子阵C及子阵S之间的尺寸参数以及角度维FFT结果,MRP芯片进行子阵T、子阵C及子阵S之间相位干涉仪测向。
- [0136] S240,求取当前主瓣和栅瓣配对中每个角度与子阵间相位干涉仪测向角度之间的角度偏差。
- [0137] S241,判断角度偏差是否小于设定阈值;若是,判定测向角度有效,将子阵间相位干涉仪测向角度作为最终测向结果,否则返回测向失败。
- [0138] S242,循环完成所有主瓣和栅瓣配对结果的子阵间相位干涉仪解模糊。

[0139] S243,循环完成所有CFAR恒虚警过检点的测向处理。

[0140] S244,MRP芯片进行目标聚类识别跟踪,进行目标级数据处理。

[0141] S245,MRP芯片对外输出点云级探测结果或目标级探测结果。

[0142] S246,循环完成场景目标探测,输出探测结果,知道满足停止工作的条件。

[0143] 其中,根据图12所示的稀疏天线阵列,子阵T、子阵C及子阵S构成的子阵间相位干涉仪TCS如图15所示。

[0144] 假设图12中稀疏天线阵列所示的目标来波方向 $\theta=10^\circ$,则对图16所示子阵T、子阵C及子阵S的角度谱进行非相参积累后的角度谱如图17所示。

[0145] 对如图17所示的角度谱进行角度峰值检测,可获得图17中所示的主瓣峰值对应的真实角度 10° ,以及6个栅瓣峰值分别对应的虚假角度 -55.8° 、 -35.2° 、 -19.1° 、 -4.4° 、 25.1° 、 42.3° ,主瓣角度和所有栅瓣虚假角度组合构成潜在角度集。

[0146] 根据图17所示的潜在角度集中各潜在角度的索引,获取潜在角度分别在稀疏均匀子阵示例T、C、S的角度谱数据。对于同一个稀疏均匀阵列中各稀疏均匀子阵示例T、C、S,潜在角度集的角度谱相同。

[0147] 图12所示的稀疏天线阵列接收目标来波方向 $\theta=10^\circ$ 的信号,潜在角度集在稀疏均匀子阵示例T、C、S中的角度谱满足以下公式10和11所示的理论关系:

$$\frac{A_C}{A_T} = e^{\frac{2\pi f(0.5\lambda)\sin(10^\circ)}{\lambda}} = e^{\pi f \sin(10^\circ)} \quad ; \quad (\text{公式 10})$$

[0148]

$$\frac{A_S}{A_T} = e^{\frac{2\pi f\lambda\sin(10^\circ)}{\lambda}} = e^{2\pi f \sin(10^\circ)} \quad ; \quad (\text{公式 11})$$

[0149] 其中,均匀子阵示例T、C、S如图15所示, A_T 表示潜在角度集子阵T中的角度谱, A_C 表示潜在角度集在子阵C中的角度谱, A_S 表示潜在角度集在子阵S中的角度谱, f 表示发射和接收波形信号的频率。

[0150] 潜在角度集在稀疏均匀子阵示例T、C、S中的角度谱关系,满足图16所示的子阵间相位干涉仪示例TCS。基于潜在角度集在稀疏均匀子阵示例T、C、S中的角度谱(如前公式1、2所示,稀疏均匀子阵示例T、C、S的角度谱分别可用 A_T 、 A_C 、 A_S 表示)以及图16所示的子阵间相位干涉仪示例TCS,可选择已知的相位干涉仪测角算法,求得目标唯一来波方向 $\theta=10^\circ$,剔除如图17中所示所有的栅瓣虚假角度,实现稀疏天线阵列的高分辨测角并剔除其栅瓣虚假目标的目的。

[0151] 上述实施例提出的稀疏天线阵列及其测角方法的车载毫米波雷达,至少具备如下特点:

[0152] 第一,针对车载毫米波雷达的低成本、高角度分辨能力的测向需求,通过将稀疏天线阵列拆分形成成为稀疏均匀阵列的多个子阵,利用各子阵分别接收信号处理得到各子阵对应的角度谱,基于各子阵对应的角度谱得到用于角度峰值检测的角度谱,获得包含真实角度和虚假角度的潜在角度集,再利用子阵间相位干涉仪测角解模糊方法,实现低分辨率测角并剔除栅瓣虚假。

[0153] 第二,支持2个及以上子阵构成的子阵间相位干涉仪的角度解模糊算法,子阵数量

越多,子阵间相位干涉仪的测向基线越长,可有效提升角度解模糊精度及测角精度,提升测角结果对噪声的鲁棒性。

[0154] 第三,基于稀疏均匀布阵实现车载毫米波雷达的高分辨测角,阵列孔径单元天线间距可远大于半波长,可有效降低具备高测角分辨能力的车载毫米波雷达的收发通道数量以及天线数量,从而有效降低具备高测角分辨能力的车载毫米波雷达的成本。

[0155] 本申请实施例另一方面,请结合参阅图2和图18,还提供一种车载毫米波雷达,包括毫米波雷达处理器201和存储器202。存储器202存储有可被所述毫米波雷达处理器201执行的计算机程序;所述计算机程序被所述毫米波雷达处理器201执行时实现本申请任一实施例所述的稀疏天线阵列的目标测角方法。

[0156] 可选的,所述车载毫米波雷达还包括天线阵列及毫米波雷达收发模块;所述天线阵列包括发射天线阵列和接收天线阵列;所述毫米波雷达收发模块包括发射组件、接收组件和线性调频本振源组件。

[0157] 可选的,测角所使用的天线阵列可通过MIMO工作模式,或非MIMO工作模式或其它方法形成;且测角所使用的天线阵列为通过n个单元天线组重复排列构成的稀疏天线阵列。这里,测角所使用的天线阵列可以是实体阵列或虚拟阵列,可以是天线阵列中的全部阵列或部分子阵,前述实施例描述中已提及,在此不再赘述。

[0158] 本申请实施例另一方面,还提供一种计算机程序产品,包括计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现本申请任一实施例所述的稀疏天线阵列的目标测角方法。

[0159] 本申请实施例另一方面,还提供一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现上述稀疏天线阵列的目标测角方法实施例的各个过程,且能达到相同的技术效果,为避免重复,这里不再赘述。其中,所述的计算机可读存储介质,如只读存储器(Read-OnlyMemory,简称ROM)、随机存取存储器(RandomAccessMemory,简称RAM)、磁碟或者光盘等。

[0160] 需要说明的是,在本文中,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者装置不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者装置所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括该要素的过程、方法、物品或者装置中还存在另外的相同要素。

[0161] 通过以上的实施方式的描述,本领域的技术人员可以清楚地了解到上述实施例方法可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件,但很多情况下前者是更佳实施方式。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质(如ROM/RAM、磁碟、光盘)中,包括若干指令用以使得一台终端(可以是手机、计算机,服务器,或网络设备)执行本发明各个实施例所述的方法。

[0162] 以上,仅为本申请的具体实施方式,但本申请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申请揭露的技术范围之内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此,本申请的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

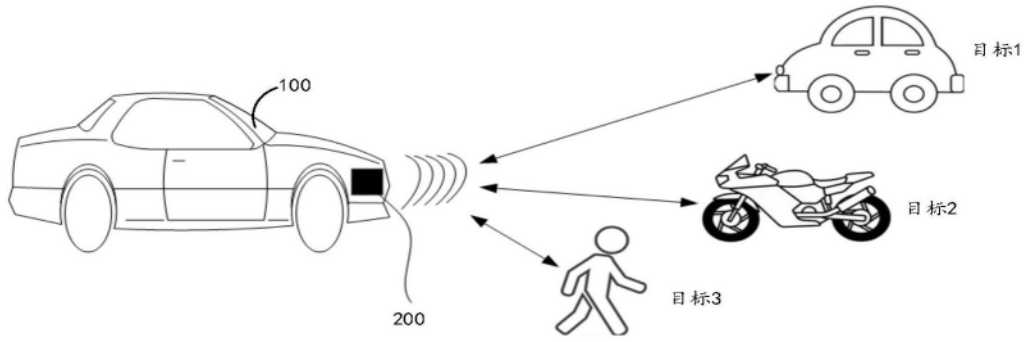


图1

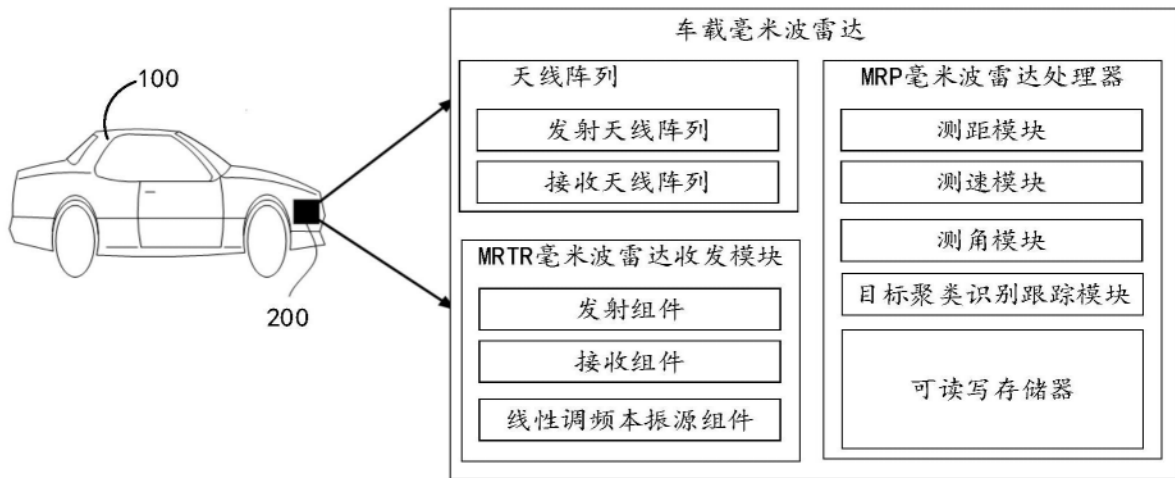


图2

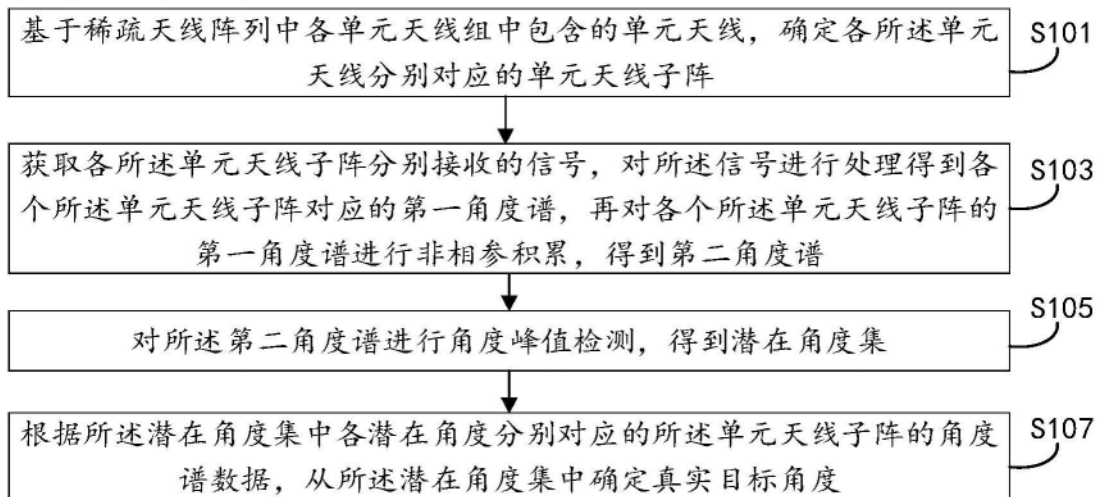


图3

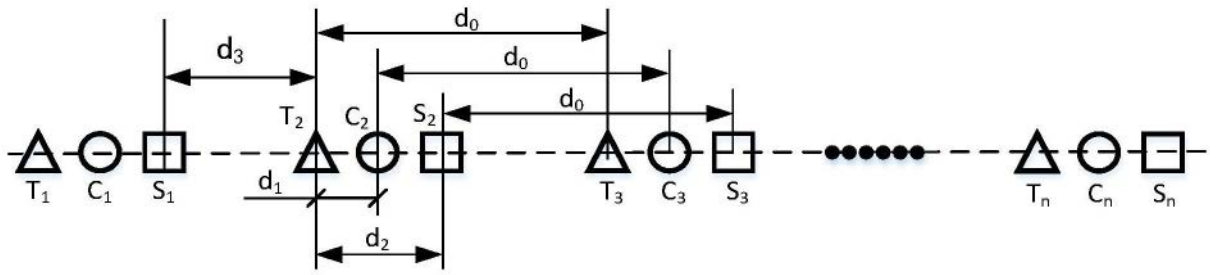


图4

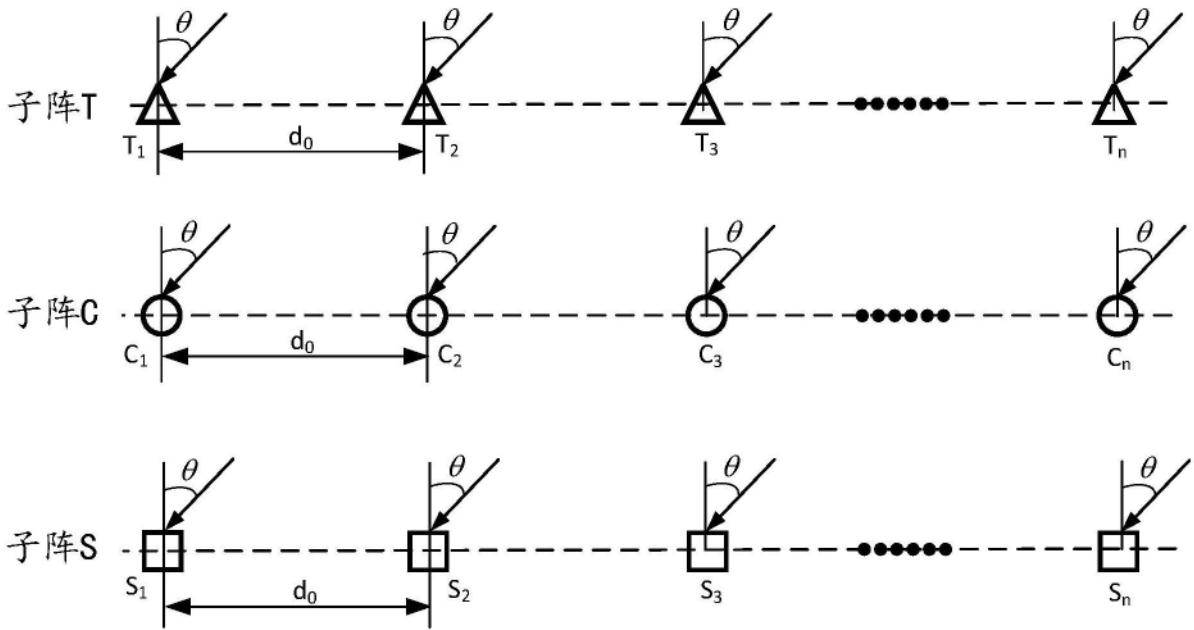


图5

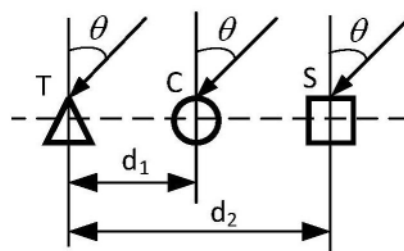


图6

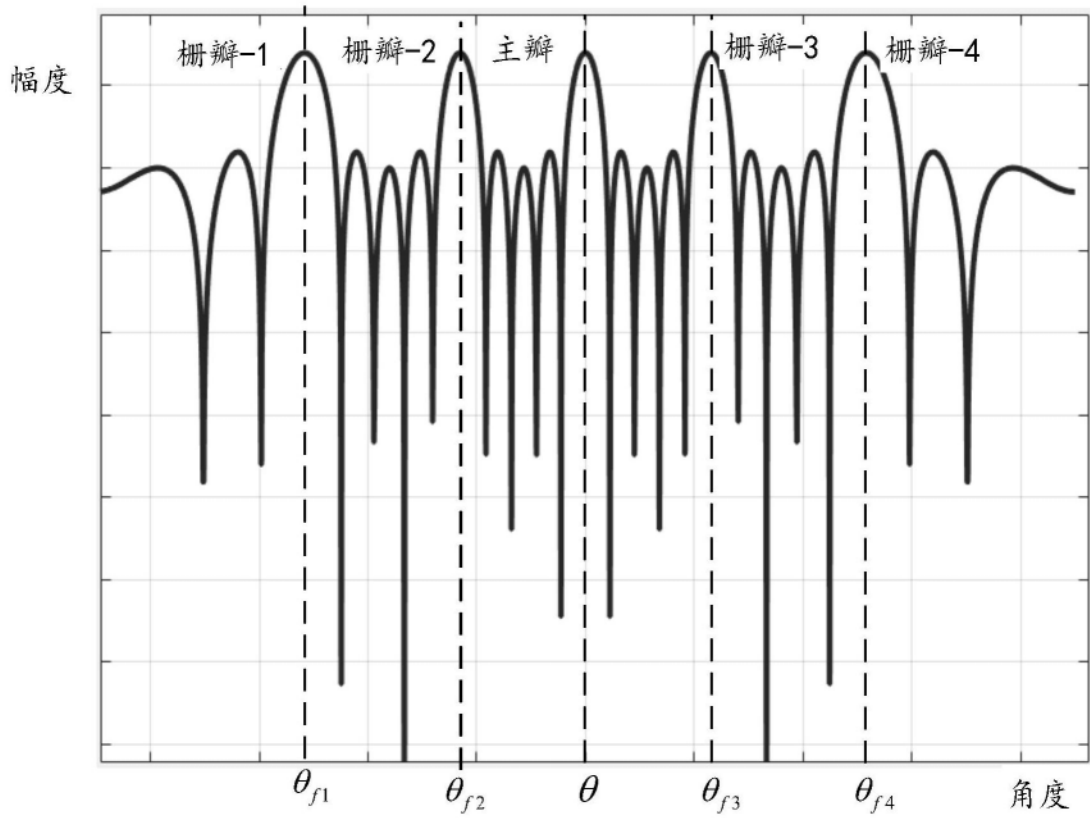


图7

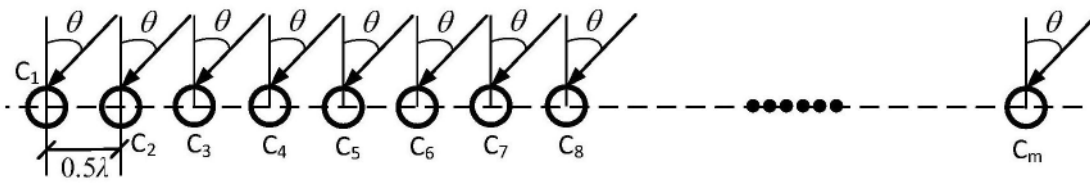


图8

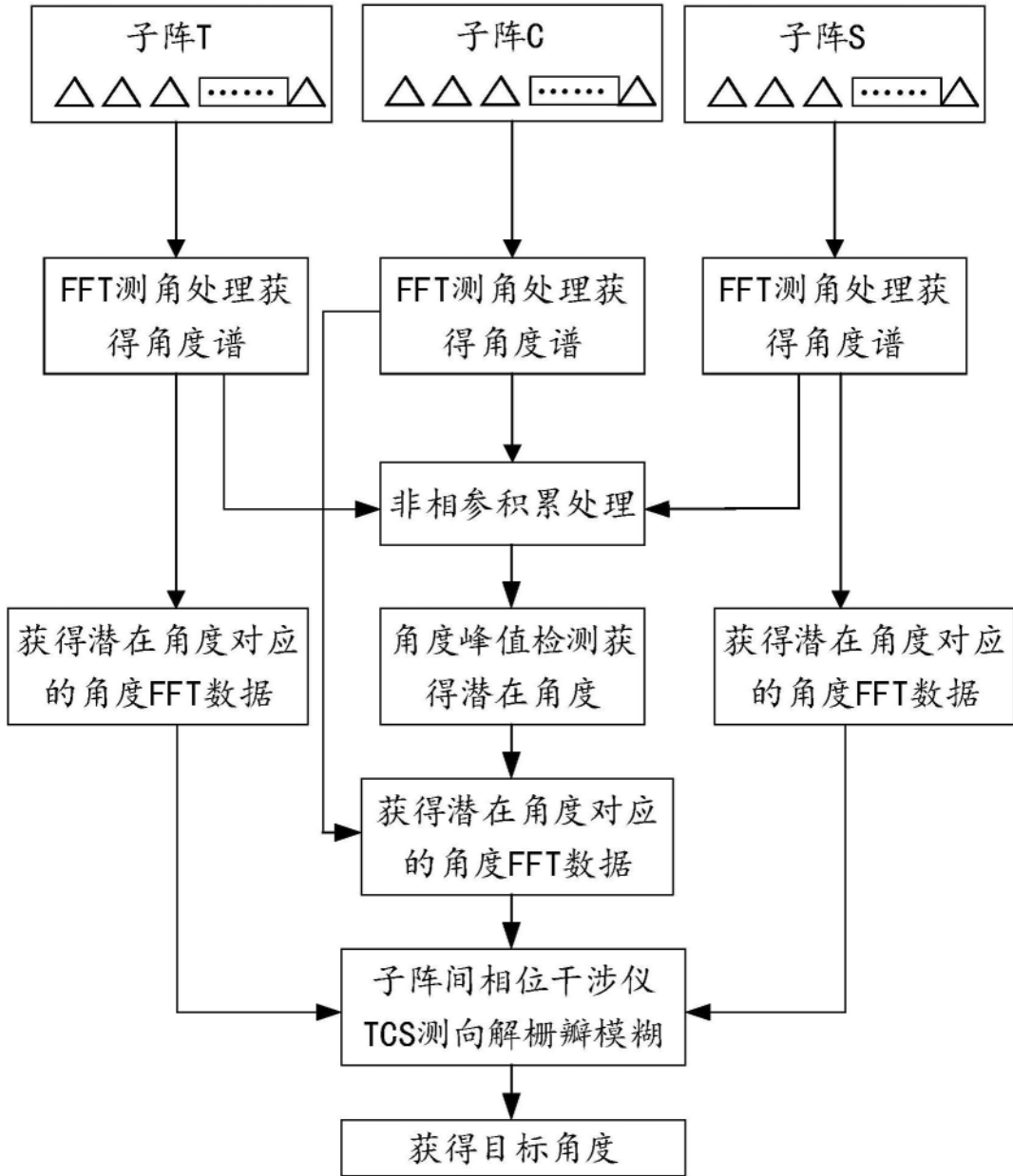


图9

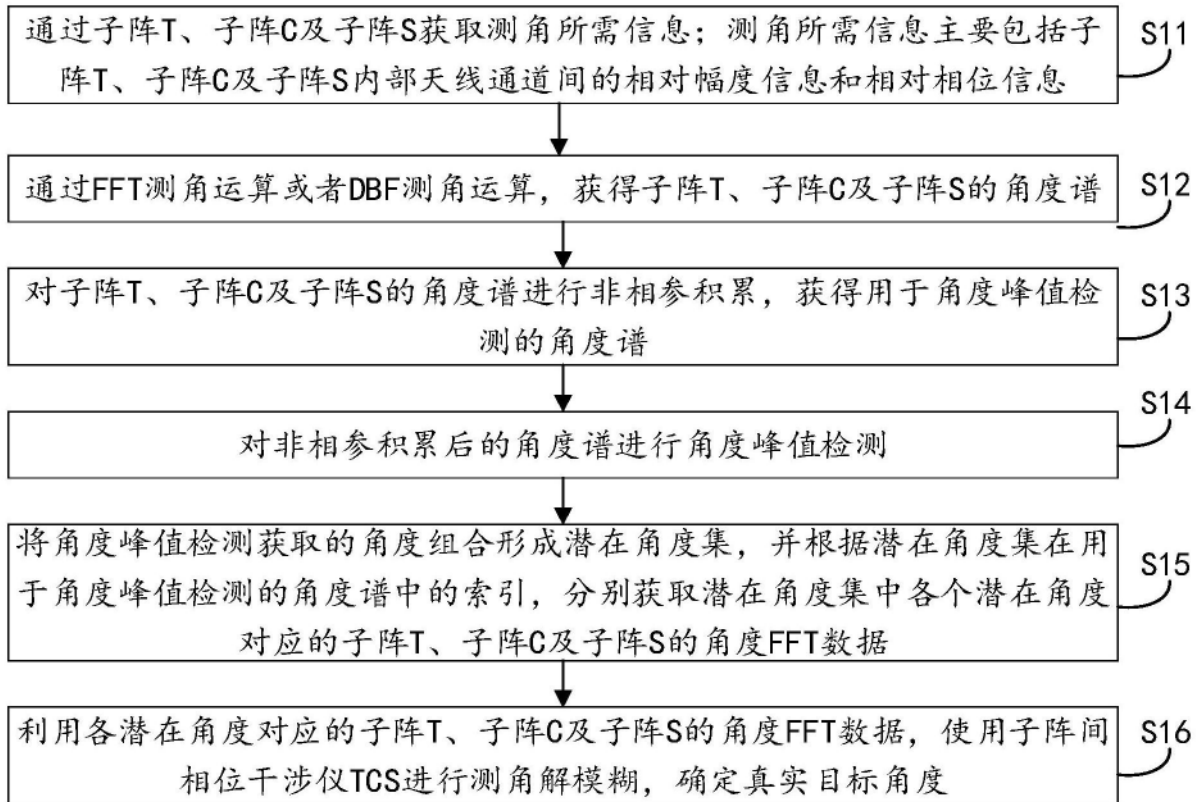


图10

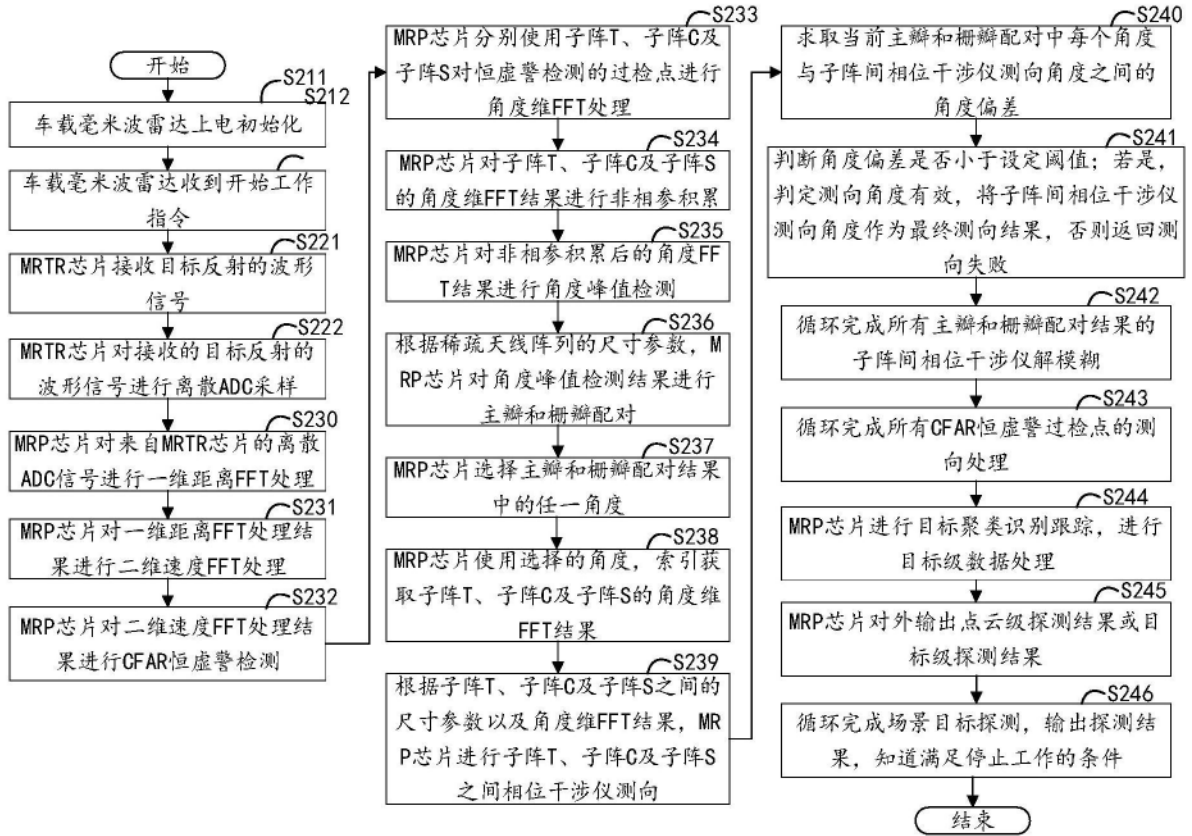


图11

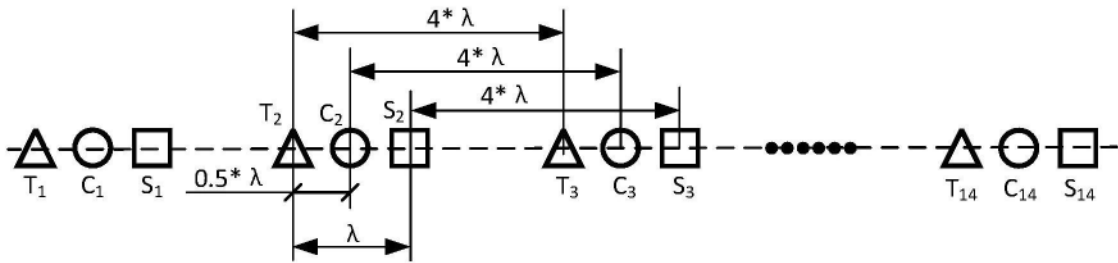


图12

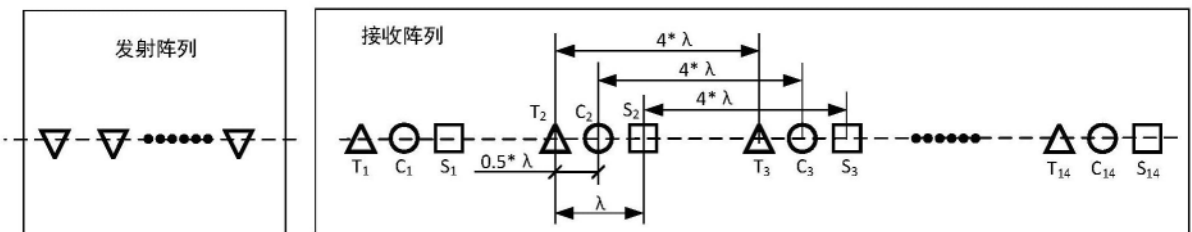


图13

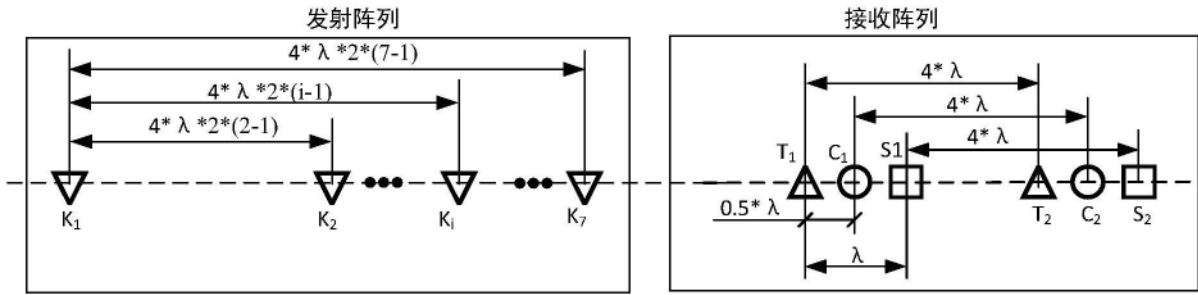


图14

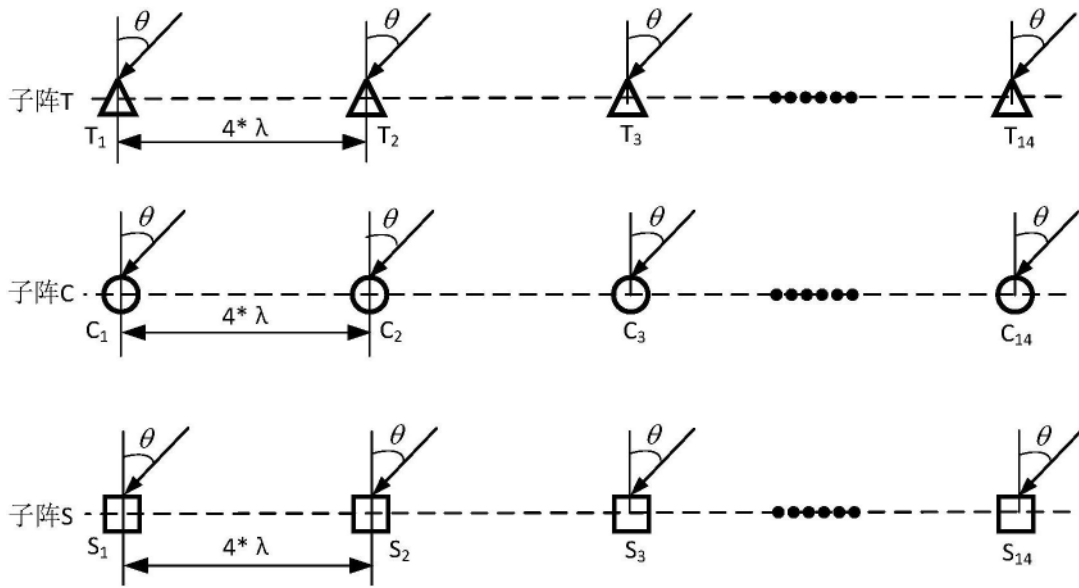


图15

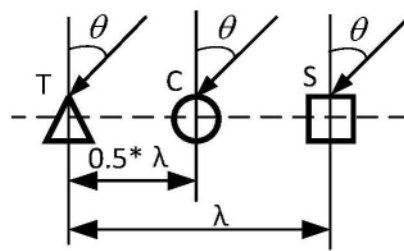


图16

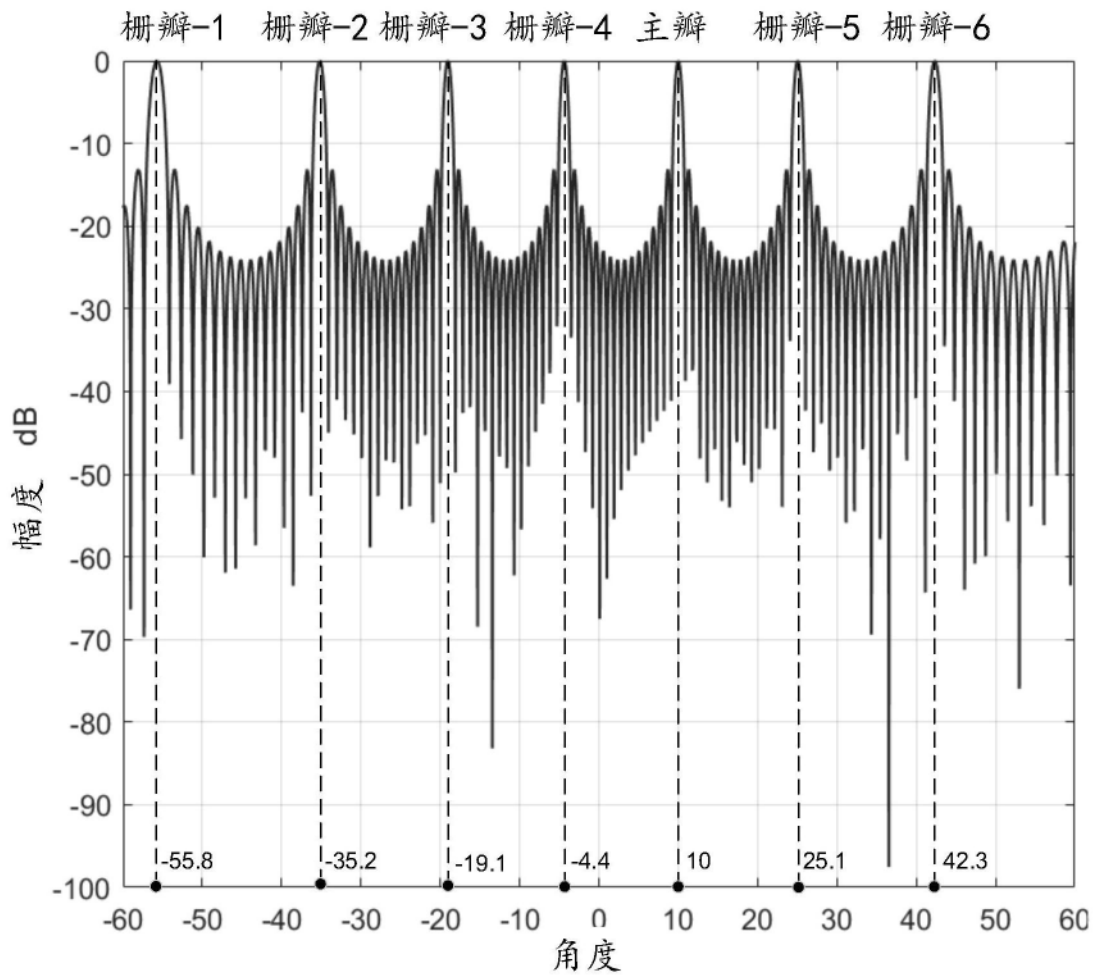


图17

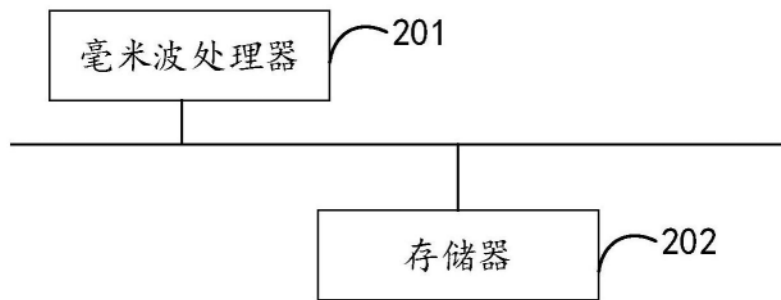


图18