(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 112909552 B
(45)授权公告日 2024.01.16

(21)申请号 202110201947.9
(22)申请日 2021.02.23
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112909552 A
(43)申请公布日 2021.06.04
(73)专利权人 北京京东方技术开发有限公司
地址 100176 北京市大兴区北京经济技术开发区地泽路9号1幢407室
专利权人 京东方科技集团股份有限公司
(72)发明人 李伟 刘宗民 范西超 郭俊伟 曲峰
(74)专利代理机构 北京志霖恒远知识产权代理有限公司 11435
专利代理师 郭栋梁
(51)Int.Cl.
H01Q 3/30(2006.01)
(56)对比文件
CN 107046176 A,2017.08.15
CN 108539418 A,2018.09.14
CN 111490354 A,2020.08.04
CN 211826962 U,2020.10.30
US 10651920 B1,2020.05.12
审查员 薛宝森

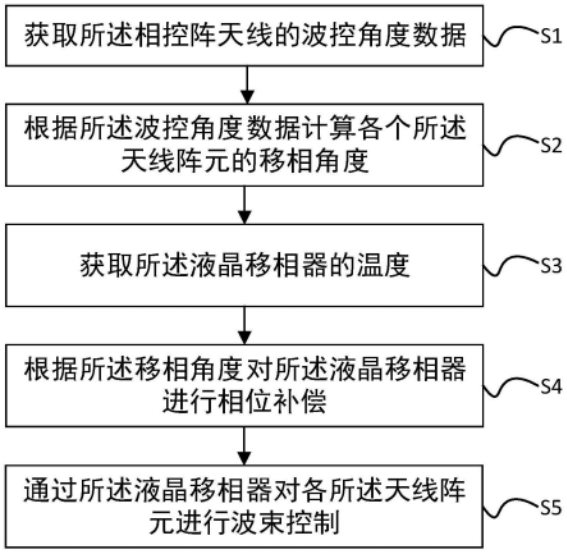
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种相控阵天线的控制方法、系统和装置

(57)摘要

本申请公开了一种相控阵天线的控制方法、系统和装置，其中，一种相控阵天线的控制方法，相控阵天线包括若干天线阵元和用以对各所述天线阵元进行相位校准的液晶移相器，所述方法包括：获取所述相控阵天线的波控角度数据；根据所述波控角度数据计算各个所述天线阵元的移相角度；获取所述液晶移相器的温度；根据所述移相角度对所述液晶移相器进行相位补偿；通过所述液晶移相器对各所述天线阵元进行波束控制。本申请实施例提供的相控阵天线的控制方法，通过对液晶移相器由于温度因素影响的液晶相位变化进行相位补偿，通过补偿后的相位对相控阵天线的天线阵元进行移相控制，实现了相控阵天线快速对准目标卫星。



CN 112909552 B

1.一种相控阵天线的控制方法，所述相控阵天线包括多个天线阵元和用以对各所述天线阵元进行相位校准的多个液晶移相器，其特征在于，每一所述液晶移相器分别对应至少一个所述天线阵元，所述天线阵元包括辐射单元和接收单元，其中，辐射单元用于传输射频信号，接收单元用于接收射频信号；所述方法包括：

获取所述相控阵天线的波控角度数据；

根据所述波控角度数据计算各个所述天线阵元的移相角度；

根据移相角度确定各个所述天线阵元的需求相位；

获取所述液晶移相器的温度以及所述液晶移相器中液晶材料的温度相位特性曲线；

根据所述液晶移相器的温度和所述温度相位特性曲线确定各个所述天线阵元的补偿相位，所述补偿相位为所述液晶移相器由于温度产生的相位差；

根据所述需求相位和所述补偿相位计算各个所述天线阵元的实际需求相位，并对所述液晶移相器进行相位补偿；通过所述液晶移相器对对应的所述天线阵元进行波束控制，具体包括：

获取所述液晶移相器中液晶材料的电压相位特性曲线；

根据所述实际需求相位和所述电压相位特性曲线计算各个所述天线阵元的控制电压值；

通过波束控制器将所述控制电压值转换为电压代码加载在相控阵天线上，所述控制电压值用于控制液晶层中的液晶分子的偏转进而控制所述射频信号的相位偏移，以实现对各个所述天线阵元进行波束控制。

2.根据权利要求1所述的相控阵天线的控制方法，其特征在于，所述获取所述相控阵天线的波控角度数据，方法包括：

获取星历数据、本地GPS数据、本地姿态数据；

根据所述星历数据、本地GPS数据、本地姿态数据计算所述波控角度数据。

3.根据权利要求2所述的相控阵天线的控制方法，其特征在于，所述本地姿态数据为所述相控阵天线载体的实时姿态数据，至少包括俯仰角、横滚角、偏航角中的一个或多个。

4.根据权利要求3所述的相控阵天线的控制方法，其特征在于，所述本地GPS数据为所述相控阵天线载体的GPS定位数据，并根据PPS秒脉冲信号同步本地时钟。

5.根据权利要求4所述的相控阵天线的控制方法，其特征在于，所述根据所述星历数据、本地GPS数据、本地姿态数据计算所述波控角度数据，方法包括：

根据同步的本地时钟及星历数据计算卫星在地球坐标系下的经度、纬度、距地心的距离，获得卫星坐标；

根据所述载体GPS坐标及所述卫星坐标计算地球坐标系下的波束指向数据；

根据所述波束指向数据和所述本地姿态数据计算在载体坐标系下的所述波控角度数据。

6.根据权利要求1所述的相控阵天线的控制方法，其特征在于，根据所述波控角度数据计算各个所述天线阵元的移相角度，方法包括：

根据所述波控角度数据及平面相控阵天线波控原理确定各个所述天线阵元的移相角度。

7.一种相控阵天线的控制系统，其特征在于，用于实现如权利要求1-6任一所述的相控

阵天线的控制方法，所述系统包括：

相控阵天线，包括若干天线阵元和用以对各所述天线阵元进行相位校准的液晶移相器；

星历数据存储单元，用于存储卫星的星历数据；

GPS定位模块，用于获取所述相控阵天线载体的GPS定位数据；

姿态数据获取单元，用于获取所述相控阵天线载体的实时姿态数据；

时钟模块，用于根据PPS秒脉冲信号同步本地时钟；

波控角度获取单元，用于获取所述相控阵天线的波控角度数据；

移相角度获取单元，根据所述波控角度数据计算各个所述天线阵元的移相角度；

温度获取单元，用于获取所述液晶移相器的温度；

相位补偿模块，根据所述移相角度对所述液晶移相器进行相位补偿；

波束控制单元，用于通过所述液晶移相器对各所述天线阵元进行波束控制。

8.一种相控阵天线的控制装置，其特征在于，所述装置包括：

存储器，用于存储程序指令；

处理器，用于调用所述存储器中存储的程序指令，按照获得的程序执行如权利要求1-6任一所述的相控阵天线的控制方法。

一种相控阵天线的控制方法、系统和装置

技术领域

[0001] 本申请一般涉及天线技术领域，具体涉及一种相控阵天线的控制方法、系统和装置。

背景技术

[0002] 相控阵天线是通过控制阵列天线中辐射单元的馈电相位来改变方向图形状的天线。控制相位可以改变天线方向图最大值的指向，以达到波束扫描的目的。相控阵天线的应用范围极其广泛，例如，其可以应用于交通工具与卫星间的通讯、无人驾驶用数组雷达或安全防护数组雷达等。

[0003] 液晶相控阵天线通常采用液晶移相器实现天线单元的移向功能，液晶天线插损较大，阵元数较多，且液晶相位变化受温度影响较大。由于液晶移向器插入损耗较大，需要更多的阵元来弥补插入损耗，导致天线阵列阵元数量巨大(上千甚至上万个)，需要一种驱动方式实现大量阵元的驱动，同时液晶移向器移相角度对温度敏感，因此液晶相控阵天线的各天线阵元的移相会因此产生差异，由此差异带来的后果是天线波束指向无法按照预期进行扫描。

发明内容

[0004] 鉴于现有技术中的上述缺陷或不足，期望提供一种相控阵天线的控制方法、系统和装置，可以实现液晶精准移相。

[0005] 一方面，本申请提供了一种相控阵天线的控制方法，所述相控阵天线包括若干天线阵元和用以对各所述天线阵元进行相位校准的液晶移相器，所述方法包括：

[0006] 获取所述相控阵天线的波控角度数据；

[0007] 根据所述波控角度数据计算各个所述天线阵元的移相角度；

[0008] 获取所述液晶移相器的温度；

[0009] 根据所述移相角度对所述液晶移相器进行相位补偿；

[0010] 通过所述液晶移相器对各所述天线阵元进行波束控制。

[0011] 在一些实施例中，所述获取所述相控阵天线的波控角度数据，方法包括：

[0012] 获取星历数据、本地GPS数据、本地姿态数据；

[0013] 根据所述星历数据、本地GPS数据、本地姿态数据计算所述波控角度数据。

[0014] 在一些实施例中，所述本地姿态数据为所述相控阵天线载体的实时姿态数据，至少包括俯仰角、横滚角、偏航角中的一个或多个。

[0015] 在一些实施例中，所述本地GPS数据为所述相控阵天线载体的GPS定位数据，并根据PPS秒脉冲信号同步本地时钟。

[0016] 进一步地，所述根据所述星历数据、本地GPS数据、本地姿态数据计算所述波控角度数据，方法包括：

[0017] 根据同步的本地时钟及星历数据计算卫星在地球坐标系下的经度、纬度、距地心

的距离，获得卫星坐标；

[0018] 根据所述载体GPS坐标及所述卫星坐标计算地球坐标系下的波束指向数据；

[0019] 根据所述波束指向数据和所述本地姿态数据计算在载体坐标系下的所述波控角度数据。

[0020] 进一步地，根据所述波控角度数据计算各个所述天线阵元的移相角度，方法包括：

[0021] 根据所述波控角度数据及平面相控阵天线波控原理确定各个所述天线阵元的移相角度。

[0022] 进一步地，所述根据所述移相角度对所述液晶移相器进行相位补偿，方法包括：

[0023] 根据移相角度确定各个所述天线阵元的需求相位；

[0024] 获取所述液晶移相器中液晶材料的温度相位特性曲线；

[0025] 根据所述液晶移相器的温度和所述温度相位特性曲线确定各个所述天线阵元的补偿相位；

[0026] 根据所述需求相位和所述补偿相位计算各个所述天线阵元的实际需求相位。

[0027] 进一步地，所述通过所述液晶移相器对各所述天线阵元进行波束控制，方法包括：

[0028] 获取所述液晶移相器中液晶材料的电压相位特性曲线；

[0029] 根据所述实际需求相位和所述电压相位特性曲线计算各个所述天线阵元的控制电压值；

[0030] 通过波束控制器将所述控制电压值转换为电压代码加载在相控阵天线上，实现对各个所述天线阵元进行波束控制。

[0031] 另一方面，本申请提供了一种相控阵天线的控制系统，用于实现如以上所述的相控阵天线的控制方法，所述系统包括：

[0032] 相控阵天线，包括若干天线阵元和用以对各所述天线阵元进行相位校准的液晶移相器；

[0033] 星历数据存储单元，用于存储卫星的星历数据；

[0034] GPS定位模块，用于获取所述相控阵天线载体的GPS定位数据；

[0035] 姿态数据获取单元，用于获取所述相控阵天线载体的实时姿态数据；

[0036] 时钟模块，用于根据PPS秒脉冲信号同步本地时钟；

[0037] 波控角度获取单元，用于获取所述相控阵天线的波控角度数据；

[0038] 移相角度获取单元，根据所述波控角度数据计算各个所述天线阵元的移相角度；

[0039] 温度获取单元，用于获取所述液晶移相器的温度；

[0040] 相位补偿模块，根据所述移相角度对所述液晶移相器进行相位补偿；

[0041] 波束控制单元，用于通过所述液晶移相器对各所述天线阵元进行波束控制。

[0042] 再一方面，本申请提供了一种相控阵天线的控制装置，包括：

[0043] 存储器，用于存储程序指令；

[0044] 处理器，用于调用所述存储器中存储的程序指令，按照获得的程序执行如以上所述的相控阵天线的控制方法。

[0045] 本申请的实施例提供的技术方案可以包括以下有益效果：

[0046] 本申请实施例提供的相控阵天线的控制方法，通过对液晶移相器由于温度因素影响的液晶相位变化进行相位补偿，通过补偿后的相位对相控阵天线的天线阵元进行移相控

制，实现了相控阵天线快速对准目标卫星。

附图说明

[0047] 通过阅读参照以下附图所作的对非限制性实施例所作的详细描述，本申请的其它特征、目的和优点将会变得更明显：

[0048] 图1为本申请的实施例提供的一种相控阵天线的控制方法的流程图；

[0049] 图2为本申请的实施例提供的一种相控阵天线的波控角度数据获取方法的流程图；

[0050] 图3为本申请的实施例提供的地球坐标系的示意图；

[0051] 图4为本申请的实施例提供的一种相控阵天线阵元及来波方向示意图；

[0052] 图5为本申请的实施例提供的一种平面相控阵天线波控原理示意图；

[0053] 图6为本申请的实施例提供的温度T0下移相角度随电压变化曲线示意图；

[0054] 图7为本申请的实施例提供的一种相控阵天线的控制系统的示意图；

[0055] 1、相控阵天线；2、星历数据存储单元；3、GPS定位模块；4、姿态数据获取单元；5、时钟模块；6、波控角度获取单元；7、移相角度获取单元；8、温度获取单元；9、相位补偿模块；10、波束控制单元；11、液晶驱动芯片。

具体实施方式

[0056] 下面结合附图和实施例对本申请作进一步的详细说明。可以理解的是，此处所描述的具体实施例仅仅用于解释相关发明，而非对该发明的限定。另外还需要说明的是，为了便于描述，附图中仅示出了与发明相关的部分。

[0057] 需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本申请。

[0058] 请详见图1，一方面，本申请提供了一种相控阵天线的控制方法，本申请提供了一种相控阵天线的控制方法，所述相控阵天线包括若干天线阵元和用以对各所述天线阵元进行相位校准的液晶移相器，所述方法包括：

[0059] S1、获取所述相控阵天线的波控角度数据；

[0060] S2、根据所述波控角度数据计算各个所述天线阵元的移相角度；

[0061] S3、获取所述液晶移相器的温度；

[0062] S4、根据所述移相角度对所述液晶移相器进行相位补偿；

[0063] S5、通过所述液晶移相器对各所述天线阵元进行波束控制。

[0064] 需要说明的是，天线阵元用于接收/传输射频信号，天线阵元可包括辐射单元和接收单元，其中，辐射单元用于传输射频信号，接收单元用于接收射频信号。液晶天线中还包括用以对各所述天线阵元进行相位校准的液晶移相器，液晶移相器的液晶层中的液晶分子为各向异性并且在长轴方向和短轴方向上呈现不同的介电常数。当射频信号沿着传输线在具有经改变的介电常数的液晶层中传输时，射频信号在一定程度上发生相位偏移。因此，射频信号的相位偏移可以通过控制液晶层中的液晶分子的偏转来实现，并且所述偏转进而可以通过控制施加到电极结构的调制电压来实现。

[0065] 其中步骤S1中，所述获取所述相控阵天线的波控角度数据，方法包括：如图2所示，

[0066] S01、获取星历数据、本地GPS数据、本地姿态数据；

[0067] S02、根据所述星历数据、本地GPS数据、本地姿态数据计算所述波控角度数据。

[0068] 其中，星历数据为存储在本地的数据，格式可以是RINEX、SP3、YUMA、SEM、TLE、RTCM、NTRIP；所述本地姿态数据为所述相控阵天线载体的实时姿态数据，姿态数据可以是捷联惯导、光纤惯导至少包括俯仰角、横滚角、偏航角中的一个或多个。所述本地GPS数据为所述相控阵天线载体的GPS定位数据，并根据PPS秒脉冲信号同步本地时钟，GPS数据采用NRTK、或差分GPS格式。

[0069] 需要说明的是，惯性导航系统(INS，以下简称惯导)是一种不依赖于外部信息、也不向外部辐射能量的自主式导航系统。其工作环境不仅包括空中、地面，还可以在水下。惯导的基本工作原理是以牛顿力学定律为基础，通过测量载体在惯性参考系的加速度，将它对时间进行积分，且把它变换到导航坐标系中，就能够得到在导航坐标系中的速度、偏航角和位置等信息。

[0070] 进一步地步骤S02中，所述根据所述星历数据、本地GPS数据、本地姿态数据计算所述波控角度数据，方法包括：

[0071] S03、根据同步的本地时钟及星历数据计算卫星在地球坐标系下的经度、纬度、距地心的距离，获得卫星坐标；具体包括：根据PPS秒脉冲信号同步本地时钟；计算归一化时间；计算卫星运动平均角速度；计算卫星平近点角；计算卫星偏近点角；计算卫星地心向径；计算卫星真近点角；计算升交点角距；计算修正项；计算卫星在椭球轨道直角坐标系中坐标；计算卫星椭球轨道归一化时刻升交点赤径；计算卫星在地球坐标系下的坐标。

[0072] S04、根据所述载体GPS坐标及所述卫星坐标计算地球坐标系下的波束指向数据；具体包括：将GPS坐标转换到地球坐标系下；通过几何关系计算波数指向角度。

[0073] S05、根据所述波束指向数据和所述本地姿态数据计算在载体坐标系下的所述波控角度数据。

[0074] 需要说明的是，地球坐标系如图3所示：与地球固连，坐标原点为地心，OZ轴指向北极，OX轴指向零子午线，OY轴指向东经90°的方向。

[0075] 还需要说明的是，根据PPS秒脉冲信号同步本地时钟同步的本地时钟，时钟模块上的GPS接收机负责接收GPS天线传输的射频信号，然后进行变频解调等信号处理，向基站提供1pps信号，进行同步。GPS使用原子钟(原子钟，是一种计时装置，精度可以达到每2000万年才误差1秒)。

[0076] PPS英文全称是Pulse Per Second，中文解释为秒脉冲，脉冲数/秒，PPS即每秒脉冲数的缩写。利用PPS秒脉冲信号，同步星历、姿态、GPS(NRTK)保证程控波束角度的高准确性。

[0077] 在步骤S2中，根据所述波控角度数据计算各个所述天线阵元的移相角度，方法包括：

[0078] 根据所述波控角度数据及平面相控阵天线波控原理确定各个所述天线阵元的移相角度。

[0079] 需要说明的是，平面相控阵天线是指天线单元分布在平面上，天线波束在方位与仰角两个方向上均可以进行相控扫描的阵列天线。平面相控阵天线波控原理如图4、5所示，该原理为现有技术中的公知常识，在此不再赘述。

[0080] 进一步地在步骤S4中，所述根据所述移相角度对所述液晶移相器进行相位补偿，方法包括：

[0081] ST1、根据移相角度确定各个所述天线阵元的需求相位；

[0082] ST2、获取所述液晶移相器中液晶材料的温度相位特性曲线；

[0083] ST3、根据所述液晶移相器的温度和所述温度相位特性曲线确定各个所述天线阵元的补偿相位；

[0084] ST4、根据所述需求相位和所述补偿相位计算各个所述天线阵元的实际需求相位。

[0085] 其中，在ST1中，移相角度$\theta=\arcsin(\Delta\phi\lambda/2\pi d)$，根据公式计算需求相位差$\Delta\phi$，已知移相角度$\theta$、阵元间距d计算得出相邻阵元的相位差$\Delta\phi$，从而确定每个阵元所需的相位。

[0086] 进一步地在步骤S5中，所述通过所述液晶移相器对各所述天线阵元进行波束控制，方法包括：

[0087] ST5、获取所述液晶移相器中液晶材料的电压相位特性曲线；

[0088] ST6、根据所述实际需求相位和所述电压相位特性曲线计算各个所述天线阵元的控制电压值；

[0089] ST7、通过波束控制器将所述控制电压值转换为电压代码加载在相控阵天线上，实现对各个所述天线阵元进行波束控制。

[0090] 需要说明的是，通过液晶材料的特性曲线，对液晶移相器由于温度产生的相位差进行补偿，如图6中所示为温度T0下移相角度随电压变化曲线。通过计算获得的天线阵元的实际需求相位，通过曲线获得实际所需电压，将实际所需电压值施加到液晶移相器上，通过液晶移相器再对天线阵元进行实际的相位对准。

[0091] 另一方面，本申请提供了一种相控阵天线的控制系统，用于实现如以上所述的相控阵天线的控制方法，所述系统包括：如图7所示，

[0092] 相控阵天线1，包括若干天线阵元和用以对各所述天线阵元进行相位校准的液晶移相器；

[0093] 星历数据存储单元2，用于存储卫星的星历数据；

[0094] GPS定位模块3，用于获取所述相控阵天线载体的GPS定位数据；

[0095] 姿态数据获取单元4，用于获取所述相控阵天线载体的实时姿态数据；

[0096] 时钟模块5，用于根据PPS秒脉冲信号同步本地时钟；

[0097] 波控角度获取单元6，用于获取所述相控阵天线的波控角度数据；

[0098] 移相角度获取单元7，根据所述波控角度数据计算各个所述天线阵元的移相角度；

[0099] 温度获取单元8，用于获取所述液晶移相器的温度；

[0100] 相位补偿模块9，根据所述移相角度对所述液晶移相器进行相位补偿；

[0101] 波束控制单元10，用于通过所述液晶移相器对各所述天线阵元进行波束控制。

[0102] 在一些实施例中，波束控制单元为集成在印制板上的现成可编程门阵列FPGA芯片；波控角度获取单元、移相角度获取单元和相位补偿模块为数字信号处理器DSP，其中，数字信号处理器DSP的各串口用于接收星历数据、实时姿态数据、GPS数据；温度获取单元为设置在液晶移相器上的温度传感器，温度传感器与数字信号处理器DSP的连接；现成可编程门阵列FPGA芯片连接有存储芯片、电源芯片、Flash芯片、数字信号处理器DSP。

[0103] 另外，现成可编程门阵列FPGA芯片还连接有多通道DA芯片实现液晶移相器移相角度控制。通过设置的若干液晶驱动芯片11实现对液晶天线大量通道(千路以上)的液晶控制。

[0104] 本领域内的技术人员应明白，本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本发明可采用在一个或两个以上其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0105] 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或两个以上流程和/或方框图一个方框或两个以上方框中指定的功能的装置。

[0106] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或两个以上流程和/或方框图一个方框或两个以上方框中指定的功能。

[0107] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或两个以上流程和/或方框图一个方框或两个以上方框中指定的功能的步骤。

[0108] 再一方面，本申请提供了一种相控阵天线的控制装置，包括：

[0109] 存储器，用于存储程序指令；

[0110] 处理器，用于调用所述存储器中存储的程序指令，按照获得的程序执行如以上所述的相控阵天线的控制方法。

[0111] 所称处理器可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU)，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。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，所述处理器是所述相控阵天线载体的控制中心，利用各种接口和线路连接整个载体的各个部分。

[0112] 所述存储器可用于存储所述计算机程序和/或模块，所述处理器通过运行或执行存储在所述存储器内的计算机程序和/或模块，以及调用存储在存储器内的数据，实现所述计算机装置的各种功能。所述存储器可主要包括存储程序区和存储数据区，其中，存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序(比如声音播放功能、图像播放功能等)等。此外，存储器可以包括高速随机存取存储器，还可以包括非易失性存储器，例如硬盘、内

存、插接式硬盘，智能存储卡(Smart Media Card,SMC)，安全数字(Secure Digital,SD)卡，闪存卡(Flash Card)、至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他易失性固态存储器件。

[0113] 需要理解的是，术语“长度”、“宽度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0114] 此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

[0115] 除非另有定义，本文中所使用的技术和科学术语与本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中使用的术语只是为了描述具体的实施目的，不是旨在限制本发明。本文中出现的诸如“设置”等术语既可以表示一个部件直接附接至另一个部件，也可以表示一个部件通过中间件附接至另一个部件。本文中在一个实施方式中描述的特征可以单独地或与其它特征结合地应用于另一个实施方式，除非该特征在该另一个实施方式中不适用或是另有说明。

[0116] 本发明已经通过上述实施方式进行了说明，但应当理解的是，上述实施方式只是用于举例和说明的目的，而非意在将本发明限制于所描述的实施方式范围内。本领域技术人员可以理解的是，根据本发明的教导还可以做出更多种的变型和修改，这些变型和修改均落在本发明所要求保护的范围以内。

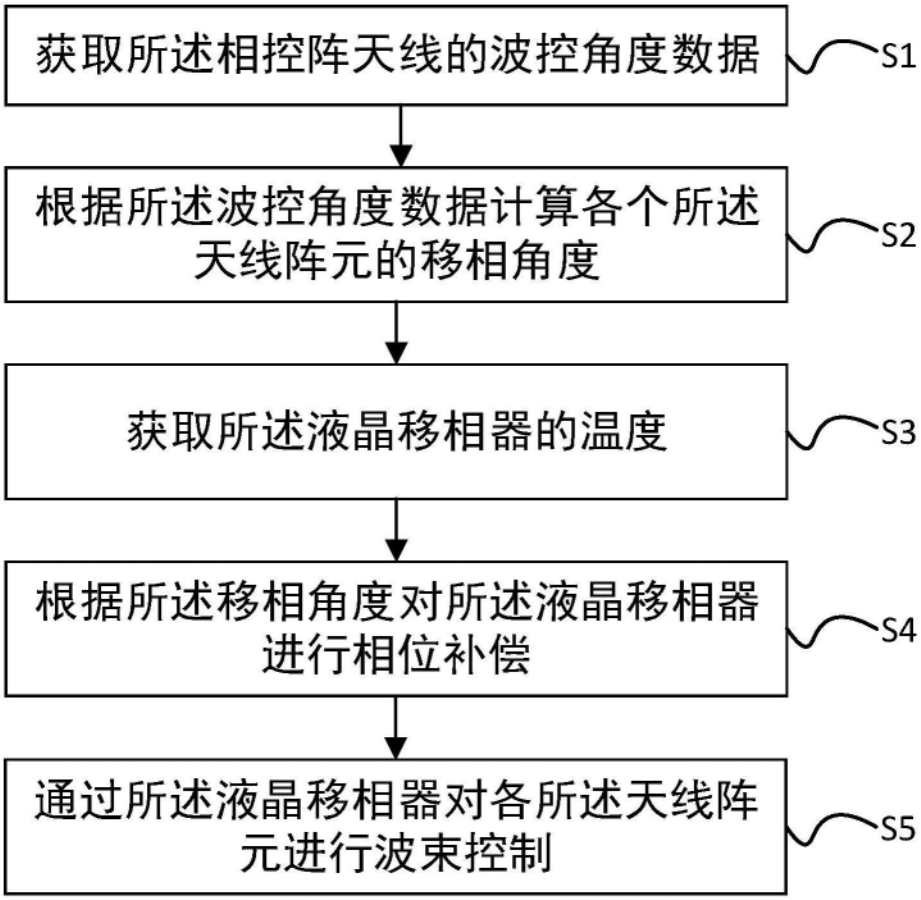

获取所述相控阵天线的波控角度数据
S1
根据所述波控角度数据计算各个所述天线阵元的移相角度
S2
获取所述液晶移相器的温度
S3
根据所述移相角度对所述液晶移相器进行相位补偿
S4
通过所述液晶移相器对各所述天线阵元进行波束控制
S5

图1

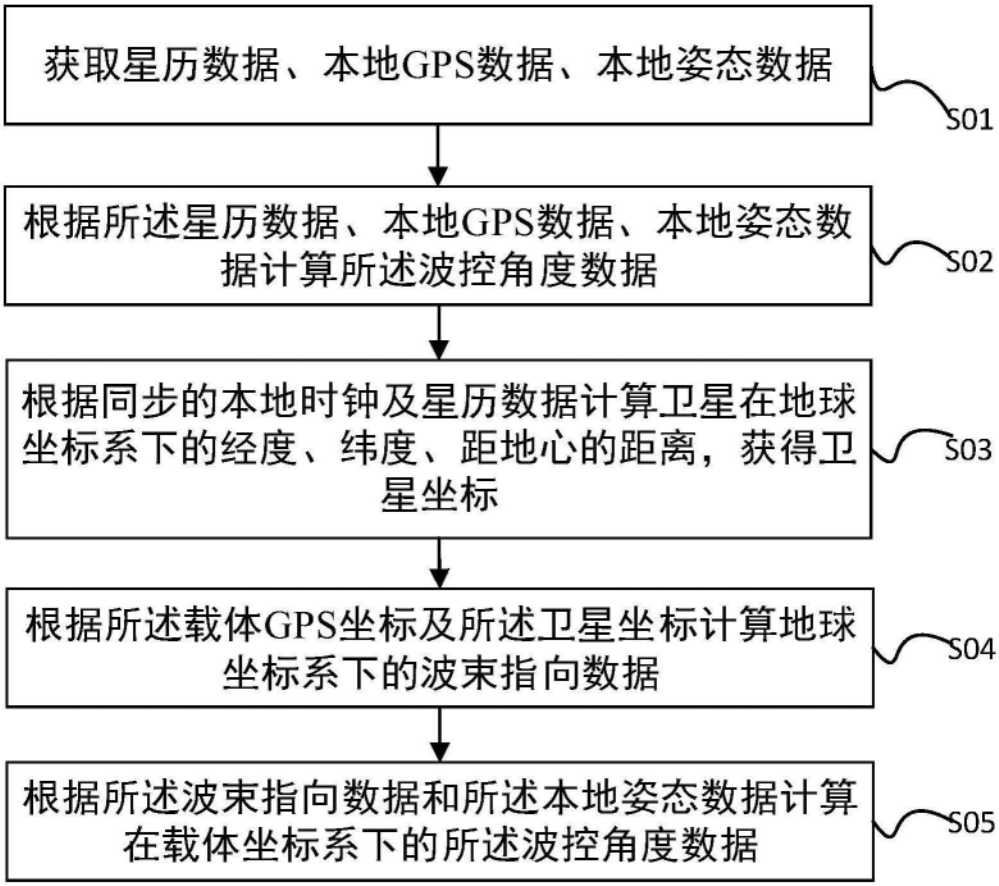

获取星历数据、本地GPS数据、本地姿态数据
S01
根据所述星历数据、本地GPS数据、本地姿态数据计算所述波控角度数据
S02
根据同步的本地时钟及星历数据计算卫星在地球坐标系下的经度、纬度、距地心的距离，获得卫星坐标
S03
根据所述载体GPS坐标及所述卫星坐标计算地球坐标系下的波束指向数据
S04
根据所述波束指向数据和所述本地姿态数据计算在载体坐标系下的所述波控角度数据
S05

图2

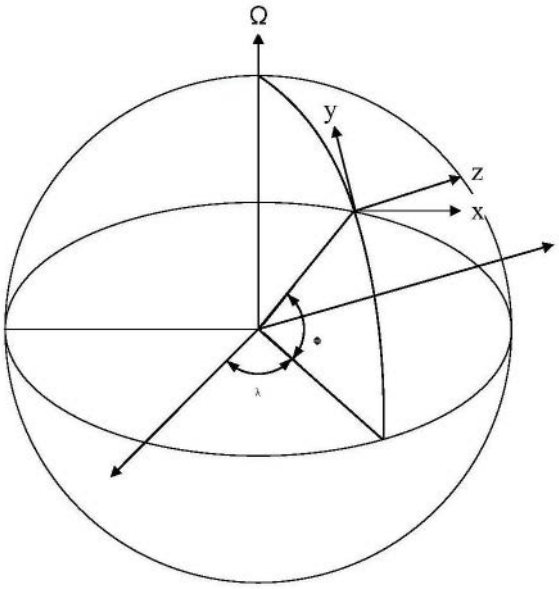

Ω
y
z
x

图3

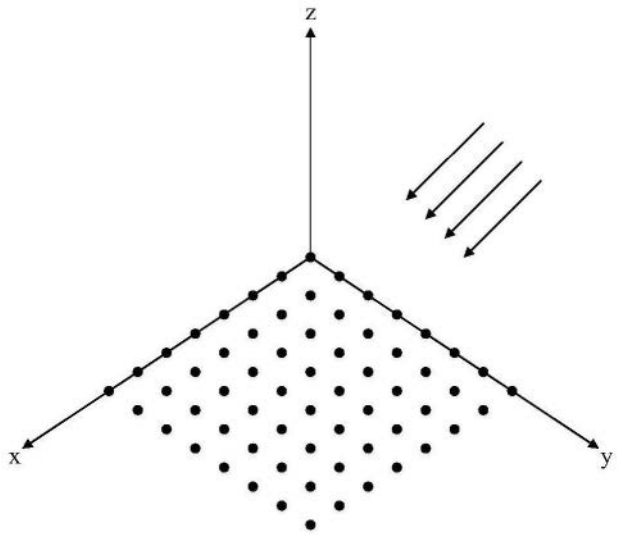

z
x
y

图4

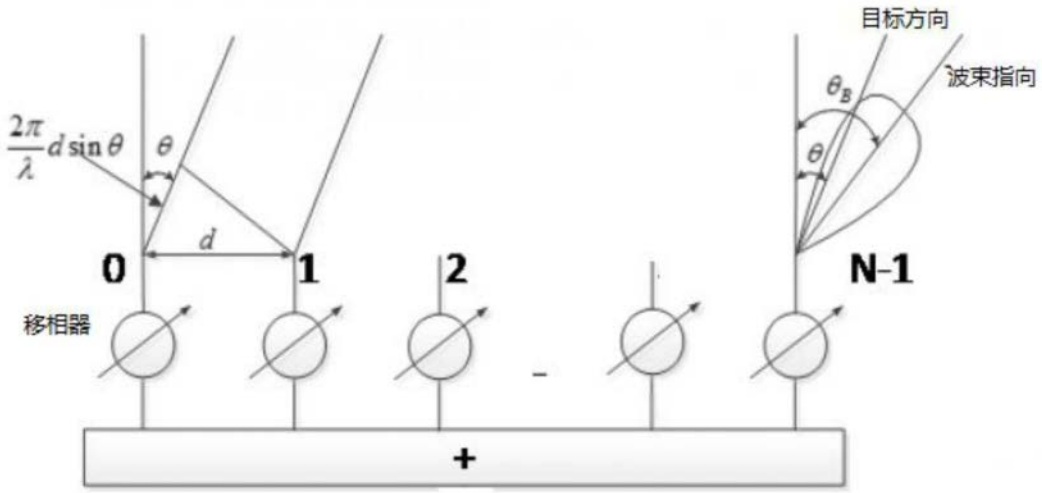

目标方向
波束指向
θ_B
θ
$\frac{2\pi}{\lambda}d\sin\theta$
θ
d
0
1
2
N-1
移相器
+

图5

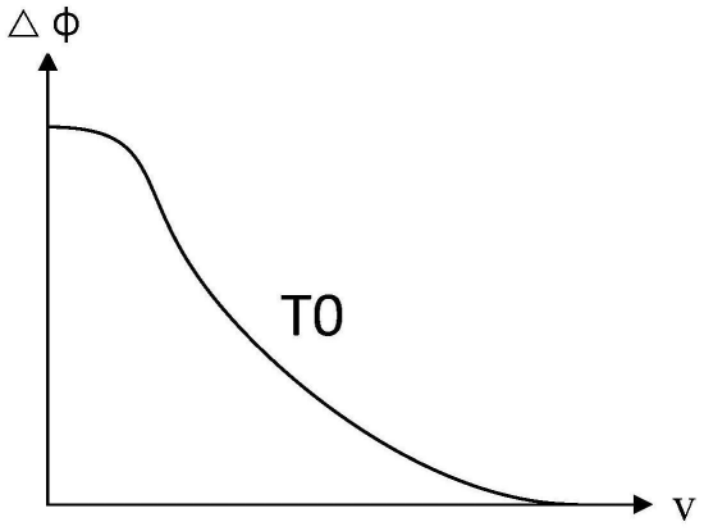

△Φ
T0
V

图6

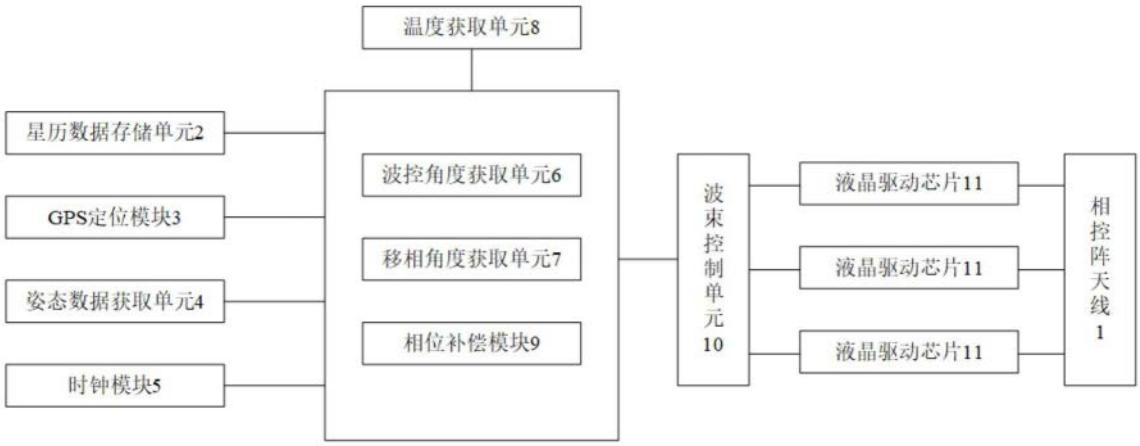

温度获取单元8
星历数据存储单元2
GPS定位模块3
姿态数据获取单元4
时钟模块5
波控角度获取单元6
移相角度获取单元7
相位补偿模块9
波束控制单元10
液晶驱动芯片11
液晶驱动芯片11
液晶驱动芯片11
相控阵天线1

图7