



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115685204 B

(45) 授权公告日 2023.05.05

(21) 申请号 202211693371.3

G01S 7/41 (2006.01)

(22) 申请日 2022.12.28

H04B 7/185 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

(56) 对比文件

申请公布号 CN 115685204 A

CN 112731398 A, 2021.04.30

(43) 申请公布日 2023.02.03

审查员 徐闪闪

(73) 专利权人 北京九天微星科技发展有限公司

地址 100097 北京市海淀区昆明湖南路51

号中关村军民融合产业园C座307室

(72) 发明人 谢涛 孟春 郭欣 陈娇

(74) 专利代理机构 北京墨丘知识产权代理事务

所(普通合伙) 11878

专利代理师 魏梳芳

(51) Int. Cl.

G01S 13/90 (2006.01)

G01S 7/00 (2006.01)

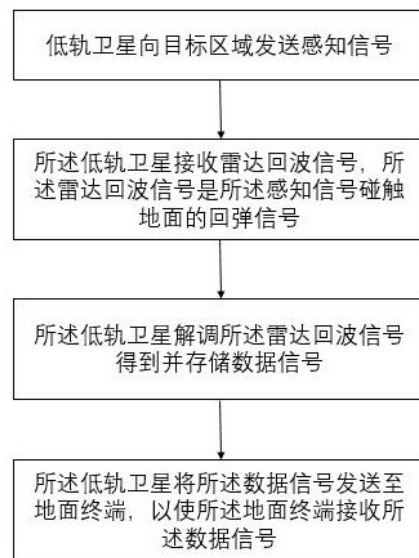
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法及设备

(57) 摘要

本发明实施例涉及通信技术领域,公开了一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法及设备。所述方法包括:低轨卫星向目标区域发送感知信号;所述低轨卫星接收雷达回波信号,所述雷达回波信号是所述感知信号碰触地面的回弹信号;所述低轨卫星解调所述雷达回波信号得到并存储数据信号;所述低轨卫星将所述数据信号发送至地面终端,以使所述地面终端接收所述数据信号。这样,本方法可以保证使用单独的低轨卫星同时实现对目标区域的感知信息获取以及向地面终端的数据传输,不需要借助其它传输系统或设备,降低了感知和通信的成本,缩短了传输延迟。



1. 一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法,其特征在于,所述方法包括:
 - 低轨卫星向目标区域发送感知信号,包括:在到达下一发送周期的起始时刻,再次执行向所述目标区域发送感知信号的操作;
 - 所述低轨卫星接收雷达回波信号,所述雷达回波信号是所述感知信号碰触地面的回弹信号;
 - 所述低轨卫星解调所述雷达回波信号得到并存储数据信号;
 - 所述低轨卫星将所述数据信号发送至地面终端,以使所述地面终端接收所述数据信号;
 - 所述感知信号包括鸟声信号,还包括:
 - 对应任意周期的鸟声信号,当所述周期的鸟声信号覆盖所述目标区域时,构建数据帧,所述数据帧与所述周期的鸟声信号一一对应;
 - 所述数据信号和所述鸟声信号分配在相邻的所述数据帧;
 - 地面终端接收数据信号,所述数据信号由低轨卫星接收雷达回波信号,并调制所述雷达回波信号得到;
 - 所述地面终端发送所述数据信号进行快速傅里叶变换,得到输出信号;
 - 所述地面终端对所述输出信号进行解调以及信道编码,得到数字雷达采样信号;
 - 所述地面终端应用雷达成像算法对所述数字雷达采样信号进行计算,得到雷达图像,所述雷达图像与所述数据帧对应的感知信号一一对应。
2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述低轨卫星解调所述雷达回波信号得到并存储数据信号包括:
 - 所述低轨卫星发送所述雷达回波信号至量化器,得到量化回波信号;
 - 所述低轨卫星对所述量化回波信号进行信道编码以及快速傅里叶逆变换,得到所述数据信号,所述数据信号包括:多载波调制符号;
 - 所述低轨卫星检测所述数据信号的存储数量,当所述数据信号存储数量满足预设阈值时,轨道卫星发送所述数据信号至所述地面终端。
3. 一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化的装置,其特征在于,所述装置包括:
 - 第一信号发送模块,用于低轨卫星向目标区域发送感知信号;
 - 信号接收模块,用于所述低轨卫星接收雷达回波信号,所述雷达回波信号是所述感知信号碰触地面的回弹信号;
 - 解调模块,用于解调所述雷达回波信号得到数据信号;
 - 存储模块,用于存储所述数据信号;
 - 第二信号发送模块,用于所述低轨卫星将所述数据信号发送至地面终端,以使所述地面终端接收所述数据信号;
 - 所述感知信号包括鸟声信号,还包括:
 - 对应任意周期的鸟声信号,当所述周期的鸟声信号覆盖所述目标区域时,构建数据帧,所述数据帧与所述周期的鸟声信号一一对应;
 - 所述数据信号和所述鸟声信号分配在相邻的所述数据帧;
 - 地面终端接收数据信号,所述数据信号由低轨卫星接收雷达回波信号,并调制所述雷达回波信号得到;

所述地面终端发送所述数据信号进行快速傅里叶变换,得到输出信号;
所述地面终端对所述输出信号进行解调以及信道编码,得到数字雷达采样信号;
所述地面终端应用雷达成像算法对所述数字雷达采样信号进行计算,得到雷达图像,
所述雷达图像与所述数据帧对应的感知信号一一对应。

4. 一种电子设备,其特征在于,所述电子设备包括:处理器、存储器、通信接口和通信总线,所述处理器、所述存储器和所述通信接口通过所述通信总线完成相互间的通信;

所述存储器用于存储有可执行指令,所述可执行指令运行时使所述处理器执行如权利要求1~2中任一项所述的用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化的方法。

5. 一种计算机存储介质,所述存储介质中存储有可执行指令,所述可执行指令运行时使计算设备执行如权利要求1~2中任一项所述的用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法。

一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法及设备

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及通信技术领域,具体涉及一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法及设备。

背景技术

[0002] 合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar, SAR)成像是SAR沿着长线阵的轨迹移动过程中,利用一个小天线辐射电磁波(例如,鸟声(chirp)信号),进而,接收不同位置对应电磁波的回波信号,对相应回波信号进行相干处理获得较高分辨率的成像技术。SAR通常搭载在飞机上(即机载)或卫星上(即星载)。

[0003] 低轨卫星SAR为主要的星载SAR实际应用过程中,低轨卫星SAR的功能设定单一,每个独立的低轨卫星仅可进行感知作业或者仅可进行通信作业。基于此,地面终端若想获得低轨卫星的通讯信息,则需要至少两个低轨卫星配合作业,其中一个对目标区域的感知,并将感知信息传递给另一个低轨卫星,另一个低轨卫星进行数据处理并发送至终端。可见,一套完整的传输过程,不仅涉及的设备较多,导致传输成本高,而且传输流程长,存在较高的传输时延。

发明内容

[0004] 本发明实施例提供了一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法及设备,能够解决低轨卫星SAR进行感知并向终端通信过程中传输流程长,传输延迟较高的问题。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供了一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法,包括:

[0006] 低轨卫星向目标区域发送感知信号;

[0007] 所述低轨卫星接收雷达回波信号,所述雷达回波信号是所述感知信号碰触地面的回弹信号;

[0008] 所述低轨卫星解调所述雷达回波信号得到并存储数据信号;

[0009] 所述低轨卫星将所述数据信号发送至地面终端,以使所述地面终端接收所述数据信号。

[0010] 在一些可能的实施方式中,所述低轨卫星将所述数据信号发送至地面终端之后,还包括:在到达下一发送周期的起始时刻,再次执行向所述目标区域发送感知信号的操作。

[0011] 在一些可能的实施方式中,所述感知信号包括鸟声信号,还包括:

[0012] 对应任意周期的鸟声信号,当所述周期的鸟声信号覆盖所述目标区域时,构建数据帧,所述数据帧与所述周期的鸟声信号一一对应。

[0013] 在一些可能的实施方式中,所述低轨卫星解调所述雷达回波信号得到并存储数据信号包括:

[0014] 所述低轨卫星发送所述雷达回波信号至量化器,得到量化回波信号;

[0015] 所述低轨卫星对所述量化回波信号进行信道编码以及快速傅里叶逆变换,得到所

述数据信号,所述数据信号包括:多载波调制符号;

[0016] 所述低轨卫星检测所述数据信号的存储数量,当所述数据信号存储数量满足预设阈值时,所述轨道卫星发送所述数据信号至所述地面终端。

[0017] 第二方面,本发明实施例提供了一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法,包括:地面终端接收数据信号,所述数据信号由低轨卫星接收雷达回波信号,并调制所述雷达回波信号得到;

[0018] 所述地面终端发送所述数据信号进行快速傅里叶变换,得到输出信号;

[0019] 所述地面终端对所述输出信号进行解调以及信道编码,得到数字雷达采样信号;

[0020] 所述地面终端应用雷达成像算法对所述数字雷达采样信号进行计算,得到雷达图像,所述雷达图像与所述数据帧对应的所述感知信号一一对应。

[0021] 第三方面,本发明实施例提供了一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化的装置,包括:

[0022] 第一信号发送模块,用于低轨卫星向目标区域发送感知信号;

[0023] 信号接收模块,用于所述低轨卫星接收雷达回波信号,所述雷达回波信号是所述感知信号碰触地面的回弹信号;

[0024] 解调模块,用于解调所述雷达回波信号得到数据信号;

[0025] 存储模块,用于存储所述数据信号;

[0026] 第二信号发送模块,用于所述低轨卫星将所述数据信号发送至地面终端,以使所述地面终端接收所述数据信号。

[0027] 在一些可能的实施方式中,所述第一信号发送模块,还用于在所述低轨卫星将所述数据信号发送至地面终端之后,在到达下一发送周期的起始时刻,所述第一信号发送模块再次执行所述目标区域发送感知信号的操作。

[0028] 在一些可能的实施方式中,所述第一信号发送模块发送的感知信号包括鸟声信号,还包括,对应任意周期的鸟声信号,当所述周期的鸟声信号覆盖所述目标区域时,构建数据帧,所述数据帧与所述周期的鸟声信号一一对应。

[0029] 在一些可能的实施方式中,所述信号接收模块接收所述雷达回波信号后,所述第二信号发送模块将所述数据信号发送至所述地面终端由以下方式实现,包括:

[0030] 所述数据信号包括多载波调制符号;

[0031] 所述第二信号发送模块接收由所述低轨卫星对所述量化回波信号进行信道编码以及快速傅里叶逆变换,得到的所述数据信号;

[0032] 所述第二信号发送模块发送所述存储模块中的所述数据信号至所述地面终端。

[0033] 第四方面,本发明实施例提供了一种设备,包括:处理器、存储器、通信接口和通信总线,所述处理器、所述存储器和所述通信接口通过所述通信总线完成相互间的通信;

[0034] 所述存储器用于存储有可执行指令,所述可执行指令运行时使所述处理器执行上述感知和通信一体化的方法中的任一项。

[0035] 第五方面,本发明实施例提供了一种计算机存储介质,所述存储介质中存储有可执行指令,所述可执行指令运行时使计算设备执行上述感知和通信一体化的方法中的任一项。

[0036] 可见,本申请实施例提供了一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法,首

先低轨卫星向目标区域发送感知信号,所述低轨卫星接收雷达回波信号,并对所述雷达回波信号进行解调,得到数据信号,将收集好的数据信号发送至地面终端。这样,地面终端就能得到与接收到的数据信号相对应的感知信号中的信息。由于低轨卫星会对目标区域发送周期性感知信号,即可以实现,在接收以及解调上一时刻的感知信号对应的雷达波信号的场景下同时发出下一时刻的感知信号。这样,本方法可以保证使用单独的低轨卫星同时实现对目标区域的感知信息获取以及向地面终端的数据传输,不需要借助其它传输系统或设备,降低了感知和通信的成本,缩短了传输延迟。

附图说明

[0037] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,对于本领域普通技术人员而言,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。

[0038] 图1是本申请实施例提供的示例性常规低轨卫星感知目标区域示意图;

[0039] 图2是本申请实施例提供的示例性常规低轨卫星通信示意图;

[0040] 图3是本申请实施例提供的示例性用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化统方法流程示意图

[0041] 图4是本申请实施例提供的低轨卫星发送感知信号数据示意图;

[0042] 图5是本申请实施例提供的低轨卫星高精度测绘感知信号数据示意图;

[0043] 图6是本申请实施例提供的低轨卫星自定义波束角度发送感知信号示意图;

[0044] 图7是本申请实施例提供的一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法的终端接收流程示意图;

[0045] 图8是本申请实施例提供的一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化的装置结构示意图;

[0046] 图9是本申请实施例提供的一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化的设备结构示意图。

具体实施方式

[0047] 本申请以下实施例中所使用的术语是为了描述可选实施方式的目的,而并非旨在作为对本申请的限制。如在本申请的说明书和所附权利要求书中所使用的那样,单数表达形式“一个”、“一种”、“所述”、“上述”、“该”和“这一”旨在也包括复数表达形式。还应当理解,尽管在以下实施例中可能采用术语第一、第二等来描述某一类对象,但所述对象不限于这些术语。这些术语用来将该类对象的具体对象进行区分。例如,以下实施例中可能采用术语第一、第二等来描述分光元件,但分光元件不应限于这些术语。以下实施例中可能采用术语第一、第二等来描述的其他类对象同理,此处不再赘述。

[0048] 下面对本申请实施例中涉及的技术进行解释。

[0049] 合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar, SAR)成像是SAR沿着长线阵的轨迹移动过程中,利用一个小天线辐射电磁波(例如,鸟声(chirp)信号),进而,接收不同位置对应电磁波的回波信号,对相应回波信号进行相干处理获得较高分辨率的成像技术。SAR通常搭载在飞机上(即机载)或卫星上(即星载)。

[0050] 低轨卫星SAR为主要的星载SAR实际应用过程中,低轨卫星SAR的功能设定单一,每个独立的低轨卫星仅可进行感知作业或者仅可进行通信作业(如图1所示)。基于此,地面终端若想获得低轨卫星的通讯信息,则需要至少两个低轨卫星配合作业,其中一个对目标区域的感知,并将感知信息传递给另一个低轨卫星,另一个低轨卫星进行数据处理并发送至终端(如图2所示)。可见,一套完整的传输过程,不仅涉及的设备较多,导致传输成本高,而且传输流程长,存在较高的传输时延。

[0051] 本申请实施例提供了一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法,适用于低轨卫星SAR通信领域,所述方法通过低轨卫星对目标区域周期性发送感知信号,并对与任一周期的感知信号相对应的雷达回波信号加以收集和调解,得到数据信号,将数据信号传递至地面终端。地面终端接收低轨卫星传递而来的数据信号加以分析和调解,得到相应的感知信息(图像信息等)。此过程可由单独的低轨卫星独立完成,无需引入额外的信号传输系统或者解析系统等,减少了数据获取的感知和通信成本,并且降低了数据传输的延迟。

[0052] 下面结合示例对本申请实施例的技术方案进行介绍。

[0053] 参见图3,图3示出了本申请实施例的一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法,包括:

[0054] 低轨卫星向目标区域发送感知信号;

[0055] 所述低轨卫星接收雷达回波信号,所述雷达回波信号是所述感知信号碰触地面的回弹信号;

[0056] 所述低轨卫星解调所述雷达回波信号得到并存储数据信号;

[0057] 所述低轨卫星将所述数据信号发送至地面终端,以使所述地面终端接收所述数据信号。

[0058] 在一些实施例中,所述低轨卫星发出的所述感知信号以鸟声信号为例,所述低轨卫星使用收发波束向所述目标区域发送未经调制的鸟声信号,所述鸟声信号覆盖到所述目标区域(可选的,所述目标区域内部设置有至少一个地面终端用于接收所述低轨卫星发送的数据信号),并且接触到地面时,所述鸟声信号会与地面发生碰撞回弹,形成雷达回波信号,所述低轨卫星接收所述雷达回波信号,并对其进行分析,得到所述鸟声信号覆盖所述目标区域时刻的图像信息。

[0059] 可选的,所述鸟声信号(Chirp)包括至少一个周期, n (n 大于等于1)个所述周期信号覆盖所述目标区域,构成 n 个数据帧,即所述鸟声信号以数据帧的形式被发送至所述目标区域。

[0060] 可选的,所述低轨卫星在接收与所述鸟声信号对应的雷达回波信号之后,会对雷达回波信号进行解调,并且进行量化处理,将量化处理后的雷达回波信号调制到一个数据帧内,将数据帧发送至地面终端;

[0061] 示例性的,低轨卫星首先发出第 n 个周期的鸟声信号,所述第 n 个周期的鸟声信号覆盖到所述目标区域后形成第 n 个周期的雷达回波信号,所述低轨卫星接收所述第 n 个周期的雷达回波信号,对其进行解调,量化并调制到一个数据帧内(此处称为通信帧),该数据帧设定为第 n 数据帧(此处成为第 n 通信帧)。所述低轨卫星再将所述第 n 通信帧发送至地面终端。这样,地面终端将所述第 n 通信帧进行解调并且结合对应的雷达算法,就可以得到所述第 n 个周期鸟声信号覆盖下所述目标区域的成像信息。

[0062] 可选的,所述低轨卫星在进行第n个周期雷达波信号解调时,还可以向所述目标区域发送第n+1周期的感知信号(此处成为感知帧),并构成第n+1数据帧(此处成为第n+1感知帧),数据示意图如图4所示。这样,在解调上一周期雷达回波信号的同时发送下一周期的感知信号,实现了对所述目标区域的持续感知,提升了感知信息的时效性。

[0063] 在一些实施例中,所述低轨卫星星座的SAR成像通信一体化的实现方式可以有以下过程实现,包括:所述低轨卫星向所述目标区域周期发送鸟声信号,在所述鸟声信号周期的额间隙,所述低轨卫星接收所述雷达回波信号。进一步的,所述低轨卫星对所述雷达回波信号进行解调,采样,并将采样信号输入至量化器,得到量化采样的雷达回波信号(即上述量化回波信号)。进一步的,所述低轨卫星对所述量化采样的雷达回波信号调制并输入至信道编码,并对信道编码后的数据进行调制并使用快速傅里叶逆变换调制成数据信号(例如多载波调制符号)。在第n帧时刻,所述低轨卫星将所述数据信号(例如所述多载波调制符号)和添加的循环前缀发送至地面终端。

[0064] 可选的,上述用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法,可以通过感知和通信一体控制器实现,所述感知和通信一体控制器可以根据数据帧时刻,定时选择发射信号通路,包括:

[0065] 若所述低轨卫星发送感知信号时(例如鸟声信号),所述感知和通信一体控制器打开感知信号发生器的通路,将感知信号发出;

[0066] 当一个的所述感知信号的脉冲信号发送完成后,所述感知和通信一体控制器打开雷达回波信号接收器的通路,获得雷达回波信号的数字采样信号,并存储在相应的存储器中;

[0067] 当所述感知信号周期结束后,存储器中的信号经过信道编码调制器、快速傅里叶逆变换后生成相应的数据信号(例如多载波调制符号),所述感知和通信一体控制器将打开发送通路将所述数据信号发送至所述地面终端。

[0068] 明显的,所述一体化的方法中,以所述雷达回波信号的解调采用多载波调制符号方式为例,由于每个所述感知信号(即鸟声信号)周期所能发送的信号数量受到所述多载波调制符号的承载能力限制,因此在测绘过程会出现空白,此现象在应对更高精度的测绘需求是无法满足的,

[0069] 因此,提出了一种适用于更高精度测绘需求的实施方式,具体数据示意图如图5所示,其中一次感知信号(即鸟声信号)周期发送大量信号,对应于地面一个较大的方向覆盖范围,在整个覆盖范围完成扫描后,发送多个多载波调制符号构成的数据超帧,其中每个超帧内部包括多个多载波调制符号。

[0070] 在一些实施例中,所述用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法方法中,对于所述雷达回波信号的解调方式还包括:代码域多路存取(CDMA,Code Domain Multiple Access)以及其他多载波(Multi-Carrier Modulation)模式。

[0071] 在一些实施方式中,每次所述感知信号周期使用的波束角度按照预定义角速度向飞行方向的反向旋转,这样所述低轨卫星在下一次所述感知信号的周期能够尽可能将所述地面终端覆盖在测绘区域内。如图6所示,在第n数据帧时,所述波束中心指向与所述平台运动方向垂直,在后续的数据帧内,依照每一帧波束指向增加 θ 度向运动方向相反的方向扫描波束。进一步的,在所述地面终端获得的扫描图像中,所述地面终端仍然按方位向从图像的

一侧向另外一侧移动,这样,终端从图像中移除的速度会降低,避免了扫描过快造成漏失。

[0072] 在本申请的另一个方面,还提出了一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法,包括:地面终端接收数据信号,所述数据信号由低轨卫星接收雷达回波信号,并调制所述雷达回波信号得到;

[0073] 所述地面终端发送所述数据信号进行快速傅里叶变换,得到输出信号;

[0074] 所述地面终端对所述输出信号进行解调以及信道编码,得到数字雷达采样信号;

[0075] 所述地面终端应用雷达成像算法对所述数字雷达采样信号进行计算,得到雷达图像,所述雷达图像与所述数据帧对应的所述感知信号一一对应。

[0076] 在一些实施例中,所述地面终端周期接收所述通信帧信号(即所述数据信号)。所述地面终端在接收到每一通信帧或通信超级帧后,去掉帧的CP进入快速傅里叶变换,得到输出信号,并对所述输出信号进行解调,新到编码后,获得该通信帧对应的雷达图像(即所述数字雷达采样信号)具体如图7所示。

[0077] 可见,本申请实施例提供的一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化方法,首先低轨卫星向目标区域发送感知信号,所述低轨卫星接收雷达回波信号,并对所述雷达回波信号进行解调,得到数据信号,将收集好的数据信号发送至地面终端。这样,地面终端就能得到与接收到的数据信号相对应的感知信号中的信息。由于低轨卫星会对目标区域发送周期性感知信号,即可以实现,在接收以及解调上一时刻的感知信号对应的雷达波信号的场景下同时发出下一时刻的感知信号。这样,本方法可以保证使用单独的低轨卫星同时实现对目标区域的感知信息获取以及向地面终端的数据传输,不需要借助其它传输系统或设备,降低了感知和通信的成本,缩短了传输延迟。

[0078] 在本申请的另一个方面,还提出了一种用于低轨卫星星座的SAR成像通信一体化的装置,如图8所示,包括:

[0079] 第一信号发送模块,用于低轨卫星向目标区域发送感知信号;

[0080] 信号接收模块,用于所述低轨卫星接收雷达回波信号,所述雷达回波信号是所述感知信号碰触地面的回弹信号;

[0081] 解调模块,用于解调所述雷达回波信号得到数据信号;

[0082] 存储模块,用于存储所述数据信号;

[0083] 第二信号发送模块,用于所述低轨卫星将所述数据信号发送至地面终端,以使所述地面终端接收所述数据信号。

[0084] 可选的,所述第一信号发送模块,还用于在所述低轨卫星将所述数据信号发送至地面终端之后,在到达下一发送周期的起始时刻,所述第一信号发送模块再次执行所述目标区域发送感知信号的操作。

[0085] 在一些可能的实施方式中,所述第一信号发送模块发送的感知信号包括鸟声信号,还包括,对应任意周期的鸟声信号,当所述周期的鸟声信号覆盖所述目标区域时,构建数据帧,所述数据帧与所述周期的鸟声信号一一对应。

[0086] 可选的,所述信号接收模块接收所述雷达回波信号后,所述第二信号发送模块将所述数据信号发送至所述地面终端由以下方式实现,包括:

[0087] 所述数据信号包括多载波调制符号;

[0088] 所述第二信号发送模块接收由所述低轨卫星对所述量化回波信号进行信道编码

以及快速傅里叶逆变换,得到的所述数据信号;

[0089] 所述第二信号发送模块发送所述存储模块中的所述数据信号至所述u地面终端。

[0090] 在本申请的另一方面,还提供了一种设备,包括:处理器、存储器、通信接口和通信总线,所述处理器、所述存储器和所述通信接口通过所述通信总线完成相互间的通信;

[0091] 所述存储器用于存储有可执行指令,所述可执行指令运行时使所述处理器执行上述感知和通信一体化的方法中的任一项。

[0092] 在本申请的另一方面,还提供了一种计算机存储介质,所述存储介质中存储有可执行指令,所述可执行指令运行时使计算设备执行上述感知和通信一体化的方法中的任一项。

[0093] 可以理解的是,以上各个模块/单元的划分仅仅是一种逻辑功能的划分,实际实现时,以上各模块的功能可以集成到硬件实体实现,例如,第一信号发送模块、信号接收模块、解调模块、存储模块以及第二信号发送模块可以集成到处理器实现,实现上述各模块功能的程序和指令,可以维护在存储器中。例如,图9提供了一种电子设备,该电子设备包括可以包括处理器、收发器和存储器。其中,收发器智能体训练产生的动作结果获取。存储器可以用于存储智能体学习训练产生的轨迹数据,也可以存储用于处理器执行的代码等。当处理器运行存储器存储的代码过程中,使得电子设备执行上述方法中策略模型训练方法的部分或全部操作。

[0094] 具体实现过程详见上述方法示意的实施例所述,此处不再详述。

[0095] 具体实现中,对应前述电子设备,本申请实施例还提供一种计算机存储介质,其中,设置在电子设备中的计算机存储介质可存储有程序,该程序执行时,可实施包括多智能体学习方法的各实施例中的部分或全部步骤。该存储介质均可为磁碟、光盘、只读存储记忆体(read-only memory,ROM)或随机存储记忆体(random access memory,RAM)等。

[0096] 以上模块或单元的一个或多个可以软件、硬件或二者结合来实现。当以上任一模块或单元以软件实现的时候,所述软件以计算机程序指令的方式存在,并被存储在存储器中,处理器可以用于执行所述程序指令并实现以上方法流程。所述处理器可以包括但不限于以下至少一种:中央处理单元(central processing unit,CPU)、微处理器、数字信号处理器(DSP)、微控制器(microcontroller unit,MCU)、或人工智能处理器等各类运行软件的计算设备,每种计算设备可包括一个或多个用于执行软件指令以进行运算或处理的核。该处理器可以内置于SoC(片上系统)或专用集成电路(application specific integrated circuit,ASIC),也可是一个独立的半导体芯片。该处理器内处理用于执行软件指令以进行运算或处理的核外,还可进一步包括必要的硬件加速器,如现场可编程门阵列(field programmable gate array,FPGA)、PLD(可编程逻辑器件)、或者实现专用逻辑运算的逻辑电路。

[0097] 当以上模块或单元以硬件实现的时候,该硬件可以是CPU、微处理器、DSP、MCU、人工智能处理器、ASIC、SoC、FPGA、PLD、专用数字电路、硬件加速器或非集成的分立器件中的任一个或任一组合,其可以运行必要的软件或不依赖于软件以执行以上方法流程。

[0098] 进一步的,图9中还可以包括总线接口,总线接口可以包括任意数量的互联的总线和桥,具体由处理器代表的一个或多个处理器和存储器代表的存储器的各种电路链接在一起。总线接口还可以将诸如外围设备、稳压器和功率管理电路等之类的各种其他电路链接

在一起,这些都是本领域所公知的,因此,本文不再对其进行进一步描述。总线接口提供接口。收发器提供用于在传输介质上与各种其他设备通信的单元。处理器负责管理总线架构和通常的处理,存储器可以存储处理器在执行操作时所使用的数据。

[0099] 当以上模块或单元使用软件实现时,可以全部或部分地以计算机程序产品的形式实现。所述计算机程序产品包括一个或多个计算机指令。在计算机上加载和执行所述计算机程序指令时,全部或部分地产生按照本发明实施例所述的流程或功能。所述计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中,或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输,例如,所述计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或数据中心通过有线(例如同轴电缆、光纤、数字用户线(DSL))或无线(例如红外、无线、微波等)方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心进行传输。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质或者是包含一个或多个可用介质集成的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质,(例如,软盘、硬盘、磁带)、光介质(例如,DVD)、或者半导体介质(例如固态硬盘Solid State Disk (SSD))等。

[0100] 应理解,在本申请的各种实施例中,各过程的序号的大小并不意味着执行顺序的先后,各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不对实施例的实施过程构成任何限定。

[0101] 本说明书的各个部分均采用递进的方式进行描述,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施例重点介绍的都是与其他实施例不同之处。尤其,对于装置和系统实施例而言,由于其基本相似于方法实施例,所以描述的比较简单,相关之处参见方法实施例部分的说明即可。

[0102] 尽管已描述了本申请的可选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例做出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本申请范围的所有变更和修改。

[0103] 以上所述的具体实施方式,对本申请的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本申请的具体实施方式而已,并不用于限定本申请的保护范围,凡在本申请的技术方案的基础之上,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包括在本发明的保护范围之内。

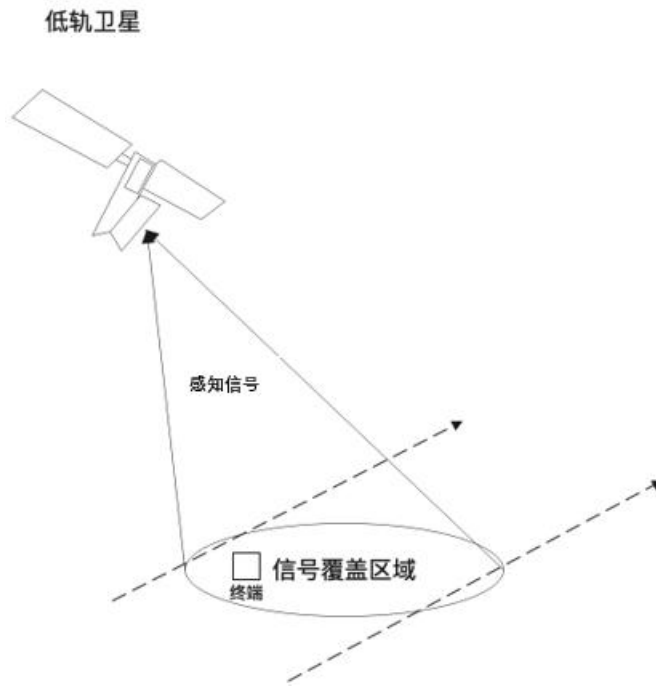


图1

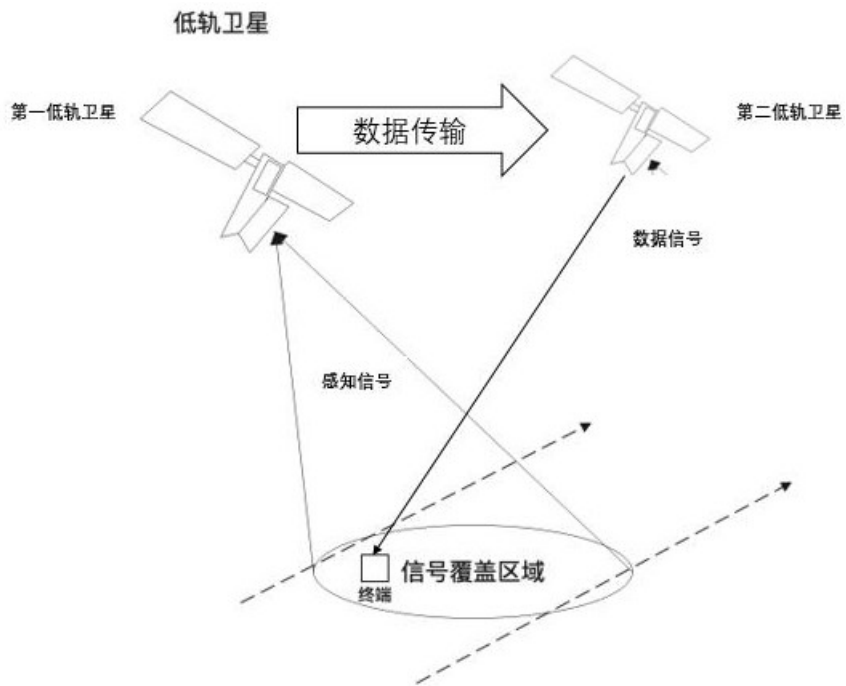


图2

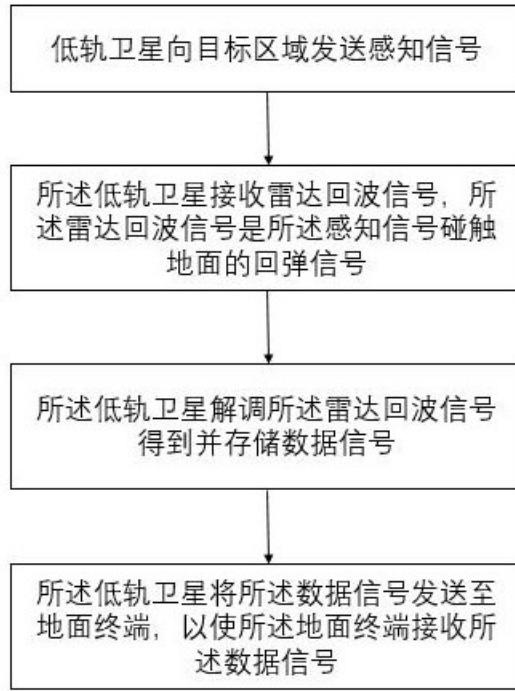


图3



图4

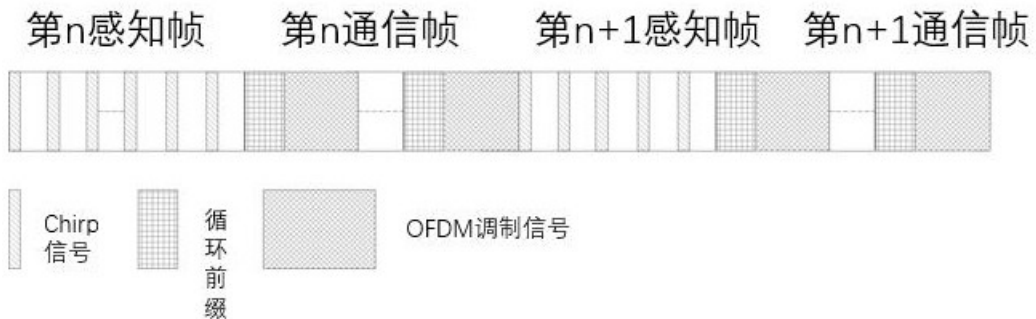


图5

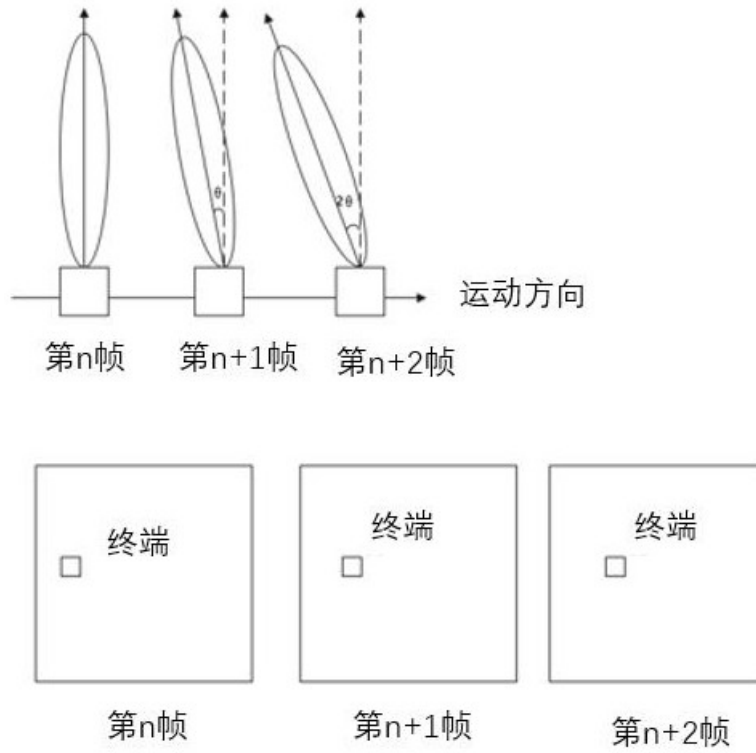


图6

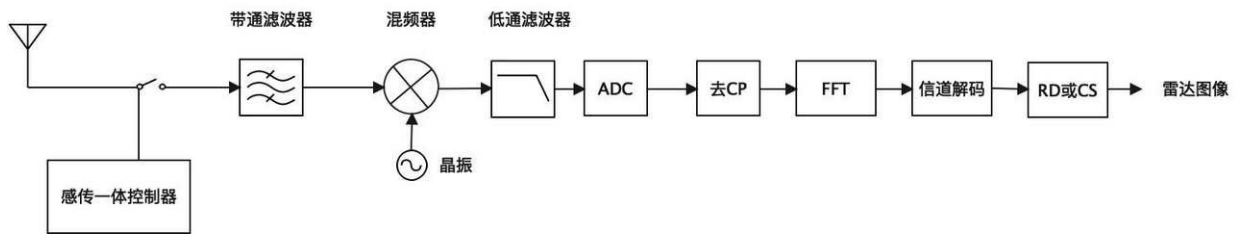


图7



图8



图9