



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109814079 A

(43)申请公布日 2019.05.28

(21)申请号 201910176667.X

(22)申请日 2019.03.08

(71)申请人 上海志良电子科技有限公司

地址 200436 上海市宝山区静安区江场三路86、88号902室

(72)发明人 杨红卫

(74)专利代理机构 上海海贝律师事务所 31301

代理人 范海燕

(51)Int.Cl.

G01S 7/40(2006.01)

G01S 13/91(2006.01)

G01S 13/93(2006.01)

G01S 13/95(2006.01)

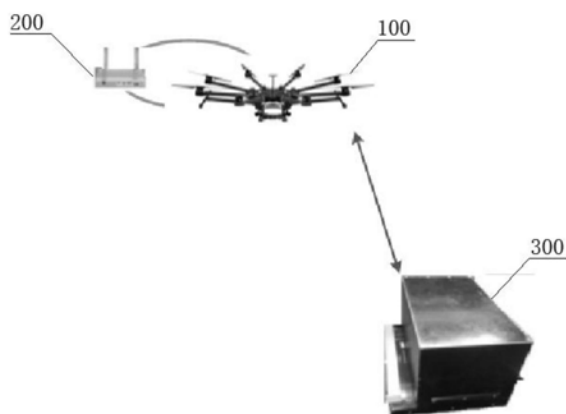
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种三维雷达模拟系统

(57)摘要

本发明公开了一种三维雷达模拟系统,包括飞行器、综合射频子系统以及地面设备;所述飞行器上搭载有GPS定位模块、差分DPS定位模块、数传模块、飞控模块、遥控模块以及STM32控制模块;所述综合射频子系统包括射频模块、中频处理模块以及控制模块;所述地面设备包括由VPX总线连接的主控计算机、地面运算调度控制模块、数字信号处理板卡、存储母板以及射频接收模块,所述存储母板连接有若干块大容量数据存储模块。本系统利用微型飞行器搭载先进的综合射频子系统与地面设备共同构成分布式的、在三维空间自由运动的雷达模拟器,从本质上解决了传统雷达模拟器缺少机动性、受地杂波影响大、难以实现多模拟器协同和组网等长期存在的问题。



1. 一种三维雷达模拟系统,其特征在于:包括飞行器、综合射频子系统以及地面设备;  
所述飞行器上搭载有GPS定位模块、差分DPS定位模块、数传模块、飞控模块、遥控模块以及STM32控制模块;

所述综合射频子系统包括射频模块、中频处理模块以及控制模块;

所述地面设备包括由VPX总线连接的主控计算机、地面运算调度控制模块、数字信号处理板卡、存储母板以及射频接收模块,所述存储母板连接有若干块大容量数据存储模块。

2. 根据权利要求1所述的一种三维雷达模拟系统,其特征在于:所述射频模块包括射频接收单元、频综单元以及射频发射单元;

所述射频接收单元在接收到雷达信号后,实现信号的下变频转换、滤波、功率电平匹配后送入至中频处理模块;

所述射频发射单元对中频处理模块产生的中频信号进行上变频、滤波后再通过功率放大通过天线向雷达辐射;

所述频综单元为上下变频和板上的数字系统提供高性能高稳定的频率源和数字时钟。

3. 根据权利要求1所述的一种三维雷达模拟系统,其特征在于:所述飞行器采用多旋翼无人机平台。

## 一种三维雷达模拟系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及雷达技术领域,具体为一种三维雷达模拟系统。

### 背景技术

[0002] 雷达是利用目标对雷达辐射的电磁波反射而发现和识别目标的一种电子装备。雷达装备在现代战争和经济建设中都具有重要作用,被广泛应用于军用和民用的各个领域。军用雷达包括预警雷达(超远程雷达)、搜索和警戒雷达、引导指挥雷达(监视雷达)、火控雷达、制导雷达、战场监视雷达、机载雷达等。民用雷达以船用导航雷达为主,还包括气象雷达、航空管制雷达、遥感雷达、测绘雷达、低空小目标监视雷达等。

[0003] 雷达模拟器通过计算机软硬件,接收被测雷达的信号并进行一定的处理,最终向被测雷达辐射预定义的电磁信号,用于模拟真实的雷达、雷达干扰或雷达目标等复杂电磁环境。雷达模拟器被广泛用于雷达的研发调试、设计鉴定、生产检验、场外标校、维修保障等各个阶段。例如,气象雷达需要雷达模拟器产生复杂的气象环境,以检测气象雷达在复杂天气的探测性能。船用导航雷达也需要雷达模拟器产生复杂的海杂波和多目标,用于检测船用导航雷达的防撞探测性能。雷达模拟器通过重构真实的电磁环境,不仅可以提高雷达调试效率、缩短研制周期,还能够大大降低研制成本和风险,故在雷达的研制、生产、运营和维修保障的投资预算中占有重要比重。

[0004] 纵观国内外公开的雷达模拟器的现状、技术水平和发展趋势,雷达模拟器的下述诸多问题还将长期存在:1、缺少三维空间的机动性,当前的雷达模拟器均安装在固定的点,如地面、楼顶架高,或在固定的线上运动,如塔吊。这种固定的安装方式难以模拟高空、运动的雷达目标、雷达干扰等复杂电磁环境的要求;2、背景杂波不真实,当前的雷达模拟器由于安装位置靠近地面或海面,接收到的雷达信号易受地、海杂波的影响,与空中目标面临的背景杂波相差甚远;3、难以实现多模拟器协同和组网,各种军用和民用雷达均需要多台模拟器从不同方向和距离产生目标或干扰信号,并且彼此需要协同,以构建复杂的电磁环境供被测雷达使用。比如,气象雷达的性能评估需要不同方位、不同距离、不同特性的散射回波,航管雷达的性能评估需要不同方位、不同距离、不同飞机的散射回波,船用导航雷达的防撞性能评估需构建来自不同方位和不同俯仰的多个目标以模拟多个船只或障碍物,通常不少于十个。目前的雷达模拟器难以形成数量众多、且相互组网和协同,不能满足当前的雷达性能评估的需要和新兴技术发展的需要。

### 发明内容

[0005] 针对背景技术中存在的问题,本发明提供了一种三维雷达模拟系统。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:一种三维雷达模拟系统,包括飞行器、综合射频子系统以及地面设备;

[0007] 所述飞行器上搭载有GPS定位模块、差分DPS定位模块、数传模块、飞控模块、遥控模块以及STM32控制模块;

- [0008] 所述综合射频子系统包括射频模块、中频处理模块以及控制模块；
- [0009] 所述地面设备包括由VPX总线连接的主控计算机、地面运算调度控制模块、数字信号处理板卡、存储母板以及射频接收模块，所述存储母板连接有若干块大容量数据存储模块。
- [0010] 作为本发明一种优选的技术方案，所述射频模块包括射频接收单元、频综单元以及射频发射单元；
- [0011] 所述射频接收单元在接收到雷达信号后，实现信号的下变频转换、滤波、功率电平匹配后送入至中频处理模块；
- [0012] 所述射频发射单元对中频处理模块产生的中频信号进行上变频、滤波后再通过功率放大通过天线向雷达辐射；
- [0013] 所述频综单元为上下变频和板上的数字系统提供高性能高稳定的频率源和数字时钟。
- [0014] 作为本发明一种优选的技术方案，所述飞行器采用多旋翼无人机平台。
- [0015] 与现有技术相比，本发明的有益效果是：1、该系统在方位向和俯仰向的灵活部署能够实现传统模拟器无法实现的三维空间灵活运动特性，对于真实评估雷达性能具有关键性作用；2、利用飞行器可编程的航迹规划实现模拟器在三维空间的位置、速度、航迹等特性的相关设计，打破传统模拟器目标运动能力的局限性、多种特性不相关等约束，实现模拟对象的真实模拟；3、利用高精度定位技术实现精准的径向、切向、俯仰向的位置控制以及多普勒补偿，为复杂电磁环境的高精度模拟提供有效手段，实现传统模拟器难以实现的功能；4、通过对多架飞行器的统一航迹规划和信号协同处理，可灵活模拟雷达对多个目标的识别和反应能力，以及模拟雷达目标、干扰和多部雷达同时存在的复杂场景，对雷达系统综合性能考核起到关键作用；5、多飞行器之间相互协作，能够产生各种雷达、雷达目标、雷达干扰的复杂电磁环境，在军用领域实现飞机编队、多目标干扰、更大的干扰扇面及丰富的干扰态势，在民用领域实现复杂气象环境、复杂机场环境、复杂海面船况，为军用和民用雷达的扰性能评估提供充分支持，真实呈现复杂电磁环境；6、雷达配合传统模拟器进行外场试验时，容易引入地、海杂波，产生的目标回波特性与载机、导弹等空中真实目标误差很大，不能真实建模雷达的空中目标和干扰。通过该系统部署位置的改变，将避免接收雷达信号受到周围地海杂波的影响。

## 附图说明

- [0016] 图1为本发明提供的一种三维雷达模拟系统架构示意图；
- [0017] 图2为本发明提供的一种三维雷达模拟系统中飞行器及搭载示意图；
- [0018] 图3为本发明提供的一种三维雷达模拟系统中增强的飞行控制示意图；
- [0019] 图4为本发明提供的一种三维雷达模拟系统中综合射频子系统原理框图；
- [0020] 图5为本发明提供的一种三维雷达模拟系统中综合射频子系统的中频处理模块原理框图；
- [0021] 图6为本发明提供的一种三维雷达模拟系统中地面设备架构示意图；
- [0022] 图7为本发明提供的一种三维雷达模拟系统中地面设备功能示意图；
- [0023] 图中：100-飞行器；101-GPS定位模块；102-差分DPS定位模块；103-数传模块；104-

飞控模块;105-遥控模块;106-STM32控制模块;200-综合射频子系统;201-射频模块;2011-射频接收单元;2012-频综单元;2013-射频发射单元;202-中频处理模块;203-控制模块;300-地面设备;301-VPX总线;302-主控计算机;303-地面运算调度控制模块;304-数字信号处理板卡;305-存储母板;306-射频接收模块;307-大容量数据存储模块。

### 具体实施方式

[0024] 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,所描述的实施例仅仅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。

[0025] 实施例:

[0026] 请参阅图1与图2,本发明提供一种三维雷达模拟系统,包括飞行器100、综合射频子系统200以及地面设备300;

[0027] 所述飞行器100上搭载有GPS定位模块101、差分DPS定位模块102、数传模块103、飞控模块104、遥控模块105以及STM32控制模块106;

[0028] 所述综合射频子系统200包括射频模块201、中频处理模块202以及控制模块203;

[0029] 所述地面设备300包括由VPX总线301连接的主控计算机302、地面运算调度控制模块303、数字信号处理板卡304、存储母板305以及射频接收模块306,所述存储母板305连接有若干块大容量数据存储模块307。

[0030] 如图3所示,本发明中飞行器100采用多旋翼无人机平台,通过GPS定位模块101获取飞行器100的位置返回信息,然后与地面设备中的数据记录仪输入的位置信息做差,获得相对位置的净输入量,将该计算量输入给定制飞行器100上搭载的STM32控制模块106中的API飞行控制参数,从而达到控制飞行器100飞行。需要连续不断的获取位置反馈量,获得差值输入给API,以达到平稳控制的效果。

[0031] 如图4所示,本发明中的综合射频子系统200包括射频模块201和中频处理模块202与控制模块203,其中射频模块201包括:

[0032] 射频接收单元2011,其在接收到雷达信号后,实现信号的下变频转换、滤波、功率电平匹配等功能后,送入低功耗全数字的中频处理模块202;

[0033] 射频发射单元2012,其作用是对低功耗中频处理模块202产生的中频信号进行上变频、滤波后进行功率放大通过天线向雷达辐射;

[0034] 频综单元2013,其为上下变频和板上的数字系统提供高性能高稳定度的频率源和数字时钟。

[0035] 考虑到系统覆盖的频段包括了P/L/S/C/X/Ku/K/Ka等多个频段,针对不同的频段,需要不同尺寸的天线,同时射频前后端也要选择适合不同频段的器件。考虑到飞行器本身的载重能力、供电水平,一方面提高同一频段内的射频前端的带宽,对射频电路进行集成化设计,保证射频电路的超小型化和集成化。另一方面对不同频段采用相同接口、相同结构的模块化设计,针对不同频段的被试对象,可以通过收发天线、射频模块201直接替换,完成射频的覆盖。

[0036] 如图5所示,中频处理模块202对接收下来的中频信号,经过实时信号处理后,挑选

出相应被试雷达对象的中频数据。根据当前飞行器100平台的实际位置以及地面数据记录仪的控制实时产生相应的位置信息和控制数据,并在此基础上更新模块的参数,以产生相应的模拟对象,并进一步控制飞行器100的下一步飞行数据。

[0037] 由于飞行器100本身的载重能力、供电水平限制,中频处理模块202主要实现实时性要求高的运算功能。运算包括对雷达参数提取、当前位置的解算、飞行器飞行控制、模拟目标的控制参数计算、短距离避障、被试雷达的测向等功能。在此基础上产生相应的雷达目标模拟、雷达干扰模拟或雷达信号。本申请中将采用新型、大容量FPGA结合高速高效率ARM处理器完成上述运算操作,通过精巧的电路设计结合高端器件,满足低功耗全数字目标模拟/干扰模块小型化、高集成度的需求。

[0038] 控制模块203主要实现综合射频子系统的接口控制以及可靠、高速率的数据通信,其功能包括:

[0039] 接收飞行器系统的传感器数据,送往中频处理模块202进行实时位置估计解算;

[0040] 接收地面设备的控制指令和控制数据,配置射频模块201和中频处理模块202,产生相应的模拟对象的数据;

[0041] 将飞行器100相关的状态信息以及天上电磁环境数据传递至地面设备进行进一步的分析以构建下一个时刻的电磁数据;

[0042] 针对不同的功能通过数字端的功率控制和功率管理降低静态功耗,针对不同的实时性要求降低数字端的动态功耗,提高用户的体验,增加整体仿真模拟的有效时间。

[0043] 如图6所示,地面设备300采用高性能的X86架构和高速VPX总线301的主控计算机302采用研祥的CPC-1817CLD5NA-H型CPU板,如图7所示,实现以下功能:

[0044] 多块基于大容量高性能FPGA+多片并行高速DSP架构的数字信号处理板卡用于电磁环境解算、电磁环境数字信号的生成;

[0045] 针对用户设置的各种场景参数辅助主控计算机完成环境场景参数计算和回波场景参数计算;

[0046] 大容量数据存储模块307记录了复杂电磁环境预测所需要的各种数据库信息,包括雷达实时波形数据库、雷达雷达装备数据库、雷达干扰装备数据库、杂波及其他信号数据库。同时数据库可以根据用户需求对其内容进行实时更新;

[0047] 地面运算调度控制模块对地面的多块处理板进行运算调度,同时负责与地面系统上其他实时控制设备的接口。

[0048] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

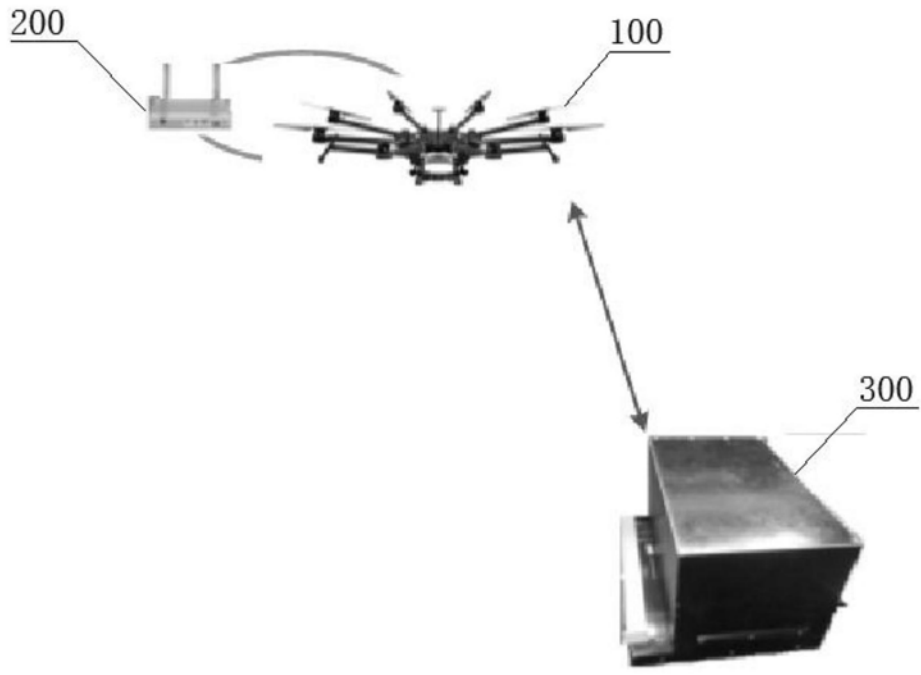


图1

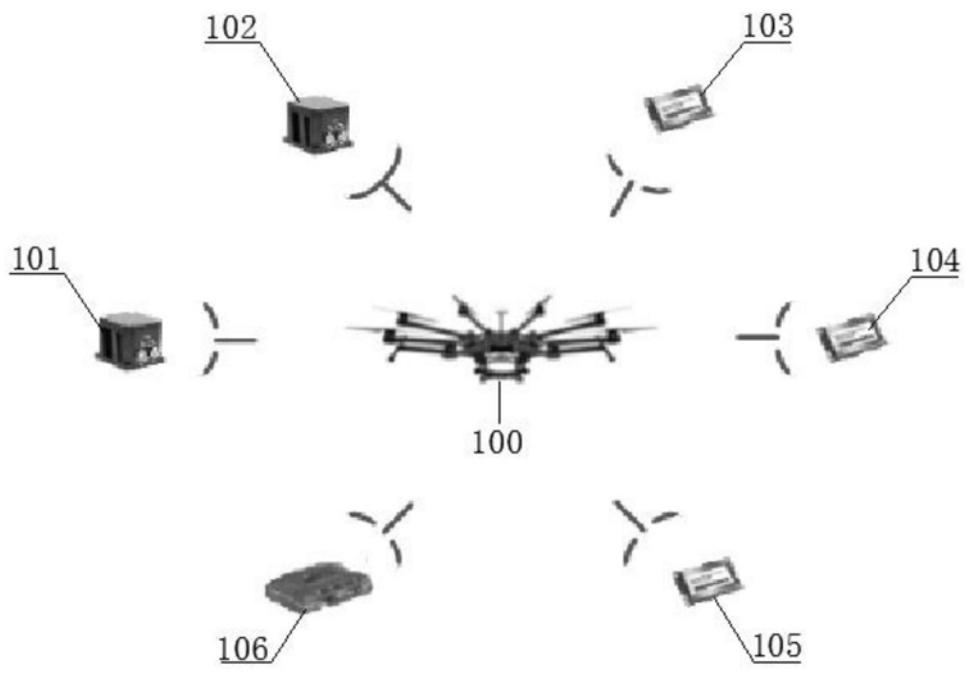


图2

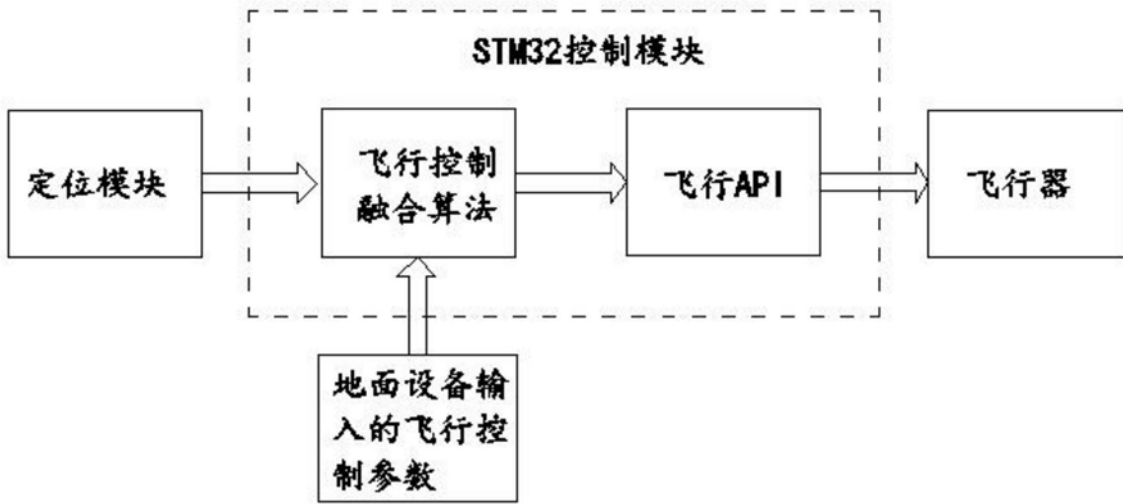


图3

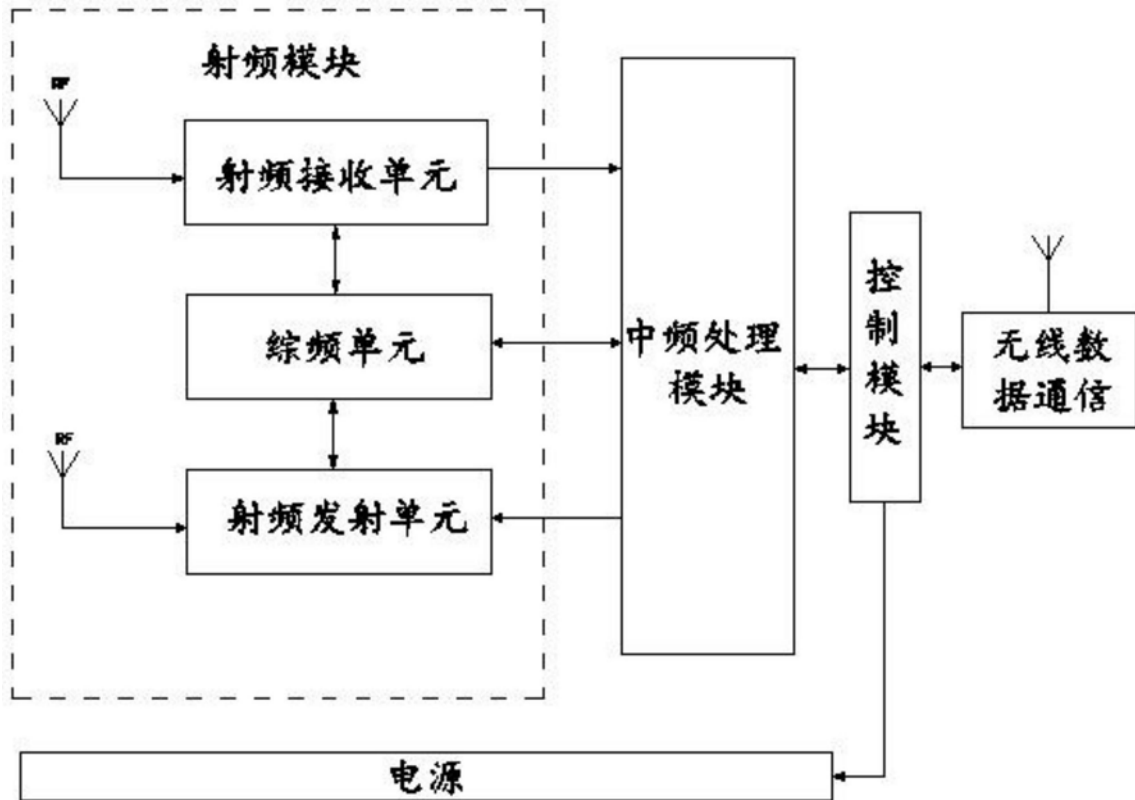


图4



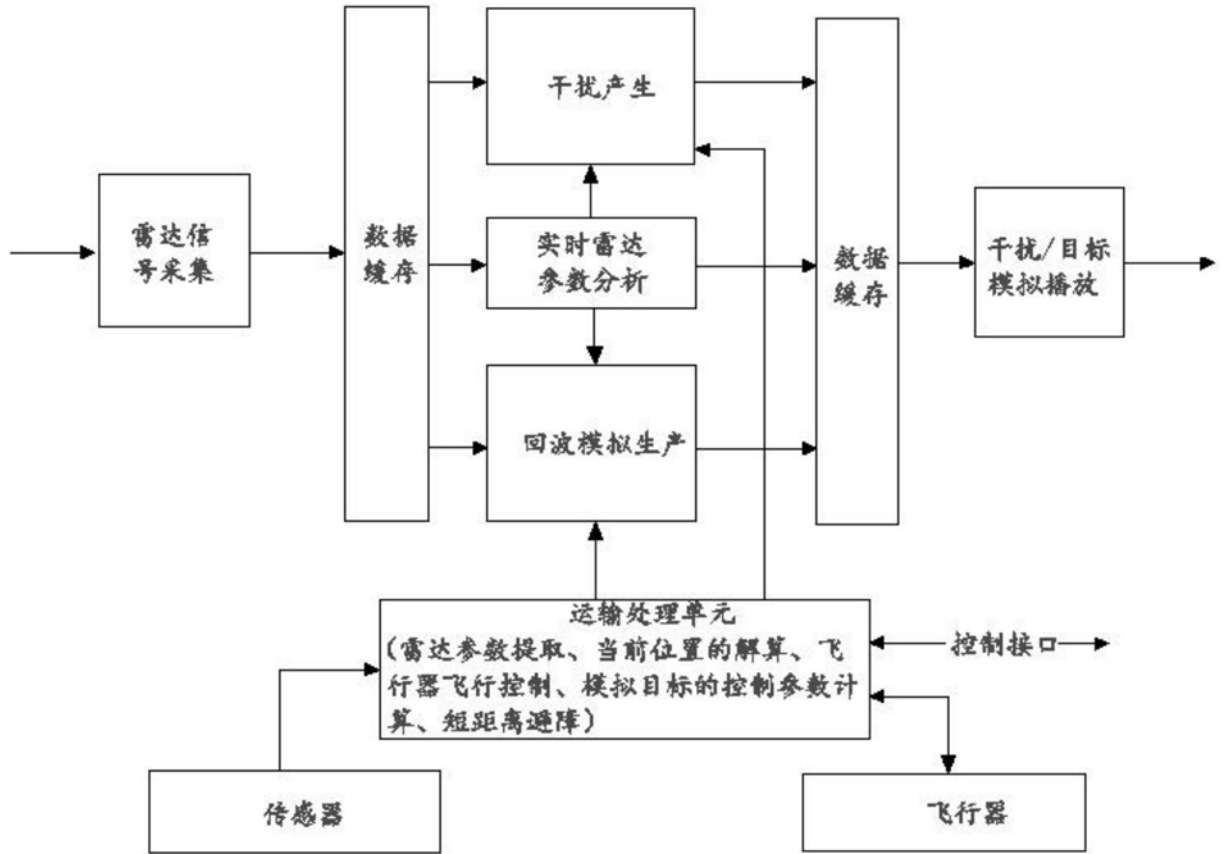


图5

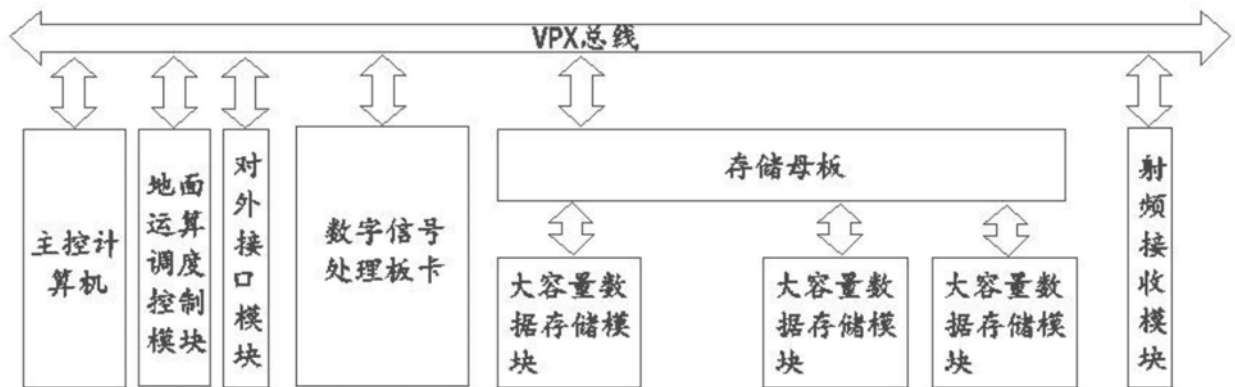


图6

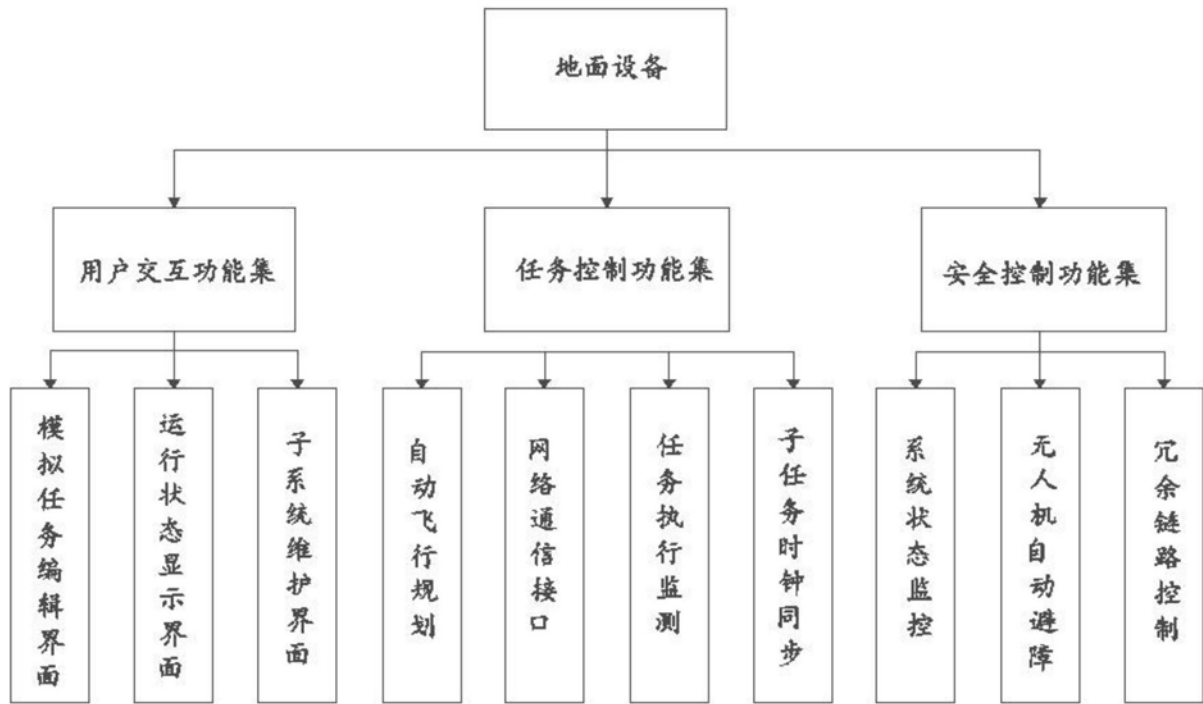


图7