



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110677917 B

(45) 授权公告日 2021.07.13

(21) 申请号 201910942232.1

CN 110249604 A, 2019.09.17

(22) 申请日 2019.09.30

CN 110234571 A, 2019.09.13

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110677917 A

CN 109495952 A, 2019.03.19

(43) 申请公布日 2020.01.10

(73) 专利权人 北京信成未来科技有限公司
地址 100000 北京市海淀区地锦路7号院14
号楼四层401 (D-139)

Aan Nazmus Sakib et al..Improvement
in Reverse Link Capacity and Handoff for
a UAV in a CDMA Cellular Network using
Directional Beampattern.《10th
International Conference on Electrical
and Computer Engineering》.2018,

(72) 发明人 徐朝晖 刘爽

Shuowen Zhang et al..Cellular-Enabled
UAV Communication: Trajectory
Optimization Under Connectivity
Constraint.《2018 IEEE》.2018,

(74) 专利代理机构 成都顶峰专利事务所(普通
合伙) 51224

代理人 曾凯

Shuowen Zhang et al..Cellular-Enabled
UAV Communication:A Connectivity-
Constrained Trajectory Optimization
Perspective.《IEEE TRANSACTIONS ON
COMMUNICATIONS》.2019,

(51) Int.Cl.

H04W 74/08 (2009.01)

G08C 17/02 (2006.01)

H04B 7/185 (2006.01)

H04B 7/0413 (2017.01)

徐珉, 胡南.基于蜂窝网络的无人机通信研
究.《移动通信》.2017,

(56) 对比文件

CN 109451373 A, 2019.03.08

US 2018292844 A1, 2018.10.11

CN 109444809 A, 2019.03.08

李子园等.无人机通信多路并行自适应传输
系统的设计与实现.《信息化研究》.2019,

审查员 刘亚男

权利要求书3页 说明书11页 附图2页

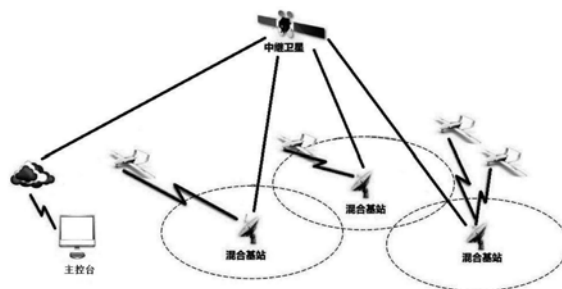
(54) 发明名称

一种基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信
方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于CS-ALOHA的无人机
测控蜂窝通信方法,包括以下步骤:搭建混合基
站;利用混合基站构建蜂窝通信网络;为蜂窝通
信网络分配一个窄带频段和宽带频段;无人机采
用CS-ALOHA协议广播下行路由帧信号,从混合基
站中选择出无人机的活动基站;活动基站采用
CS-ALOHA协议向无人机发送通知信息,使无人
机天线单元方向与基站天线单元方向匹配;无人
机采用CS-ALOHA协议广播遥测帧信号;活动基
站接收遥测帧信号,并将解析的遥测帧转发至主
控

台。本发明通过载波侦听-ALOHA协议,使得多个
无人机和混合基站在相同的频段中传输信息,相
对减少了数据包碰撞概率,解决了无人机测控系
统的多址接入问题。



CN 110677917 B

1. 一种基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法,其特征在于,包括以下步骤:

搭建混合基站,且每个混合基站均设置基站天线单元,每个无人机均设置无人机天线单元;

利用混合基站构建蜂窝通信网络;

为蜂窝通信网络分配一个窄带频段和宽带频段;

从混合基站中选择出用于对无人机进行管辖的混合基站作为该无人机的活动基站,然后该活动基站调整自身基站天线单元的方向;

所述活动基站向自身管辖的无人机发送通知信息,使各个无人机调整自身无人机天线单元的方向并与其管辖的活动基站的基站天线单元方向相匹配;

各个无人机利用无人机天线单元在宽带频段发送视频流数据,各个无人机对自身的遥测帧进行编码和调制,并采用CS-ALOHA协议在窄带频段上广播遥测帧信号;

各个混合基站接收窄带频段内的信号,并对该信号进行解调解码,然后判断解调解码的信息中是否有合法格式的帧出现,如果有合法格式的帧出现,则判断该帧的类型;如果该帧为遥测帧,则混合基站根据该遥测帧所属的无人机信息,判断自己是否为管辖该无人机的活动基站;若否,则该活动基站丢弃该遥测帧;若是,则该活动基站将该遥测帧转发至主控台;该活动基站利用基站天线单元在宽带频段接收该无人机的视频流数据,并将该视频流数据转发至主控台;

主控台向待遥控无人机的活动基站发送该无人机要执行的遥控指令帧;

该活动基站对遥控指令帧进行编码和调制,并采用CS-ALOHA协议在窄带频段上广播遥控指令帧信号;

各个无人机接收窄带频段内的信号,并对该信号进行解调解码,然后判断解调解码的信息中是否有合法格式的帧出现,如果有合法格式的帧出现,则判断该帧的类型;如果该帧为遥控指令帧,则各个无人机根据该遥控指令帧的信息,判断自己是否为该遥控指令帧的待遥控无人机;若否,则该无人机丢弃该遥控指令帧;若是,则该无人机从遥控指令帧中读取遥控指令;

待遥控无人机执行遥控指令;

其中,从混合基站中选择出用于对无人机进行管辖的混合基站作为该无人机的活动基站,然后该活动基站调整自身基站天线单元的方向包括以下步骤:

无人机侦听窄带频段是否空闲;

若窄带频段空闲,则无人机对下行路由帧进行编码调制,并在窄带频段内广播下行路由帧信号,所述下行路由帧包括无人机的经度 Lng_v 、纬度 Lat_v 、高度 h_v 和时间戳 t ;若窄带频段不空闲,则无人机重新侦听窄带频段是否空闲;

各个混合基站接收窄带频段内的信号,并对该信号进行解调解码,然后判断解调解码的信息中是否有合法格式的帧出现,如果有合法格式的帧出现,则判断该帧的类型;如果该帧为下行路由帧,则混合基站根据该下行路由帧得到无人机的位置信息,然后将无人机的位置信息存储在混合基站的无人机位置表中;

各个混合基站根据无人机的位置信息计算自身与该无人机的距离信息,并将距离信息发送至主控台,主控台根据每个混合基站发送的距离信息为无人机选择出距离该无人机最近的混合基站作为该无人机的活动基站,然后主控台将各活动基站的信息写入主控台的活

动基站信息表中；

各活动基站从无人机位置表中查询自身管辖的无人机位置信息，并结合自身的位置信息调整自身基站天线单元的方向。

2. 根据权利要求1所述的基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法，其特征在于，计算无人机与混合基站之间的距离信息具体为：以地心为原点建立三维直角坐标系，再将无人机的经度 Lng_v 、纬度 Lat_v 、高度 h_v 和混合基站的经度 Lng_B 、纬度 Lat_B 和高度 h_B 分别转换为三维直角坐标系下的坐标，得到无人机的坐标点 $A(X_v, Y_v, Z_v)$ 和混合基站的坐标点 $B(X_B, Y_B, Z_B)$ ，然后计算出坐标点 $A(X_v, Y_v, Z_v)$ 和坐标点 $B(X_B, Y_B, Z_B)$ 之间的距离，即为无人机与混合基站之间的距离 $l = \sqrt{(X_v - X_B)^2 + (Y_v - Y_B)^2 + (Z_v - Z_B)^2}$ 。

3. 根据权利要求1所述的基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法，其特征在于，所述活动基站向自身管辖的无人机发送通知信息，使各个无人机调整自身无人机天线单元的方向并与其管辖的活动基站的基站天线单元方向相匹配包括以下步骤：

活动基站侦听窄带频段是否空闲；

若窄带频段空闲，则活动基站对上行路由帧进行编码调制，并在窄带频段内广播上行路由帧信号，所述上行路由帧包括活动基站的经度 Lng_B 、纬度 Lat_B 、高度 h_B 和目的无人机编号；若窄带频段不空闲，则活动基站重新侦听窄带频段是否空闲；

各个无人机接收窄带频段内的信号，并对该信号进行解调解码，然后判断解调解码的信息中是否有合法格式的帧出现，如果有合法格式的帧出现，则判断该帧的类型；如果该帧为上行路由帧，则无人机根据该上行路由帧中目的无人机编号，判断该上行路由帧是否属于自己；若否，则无人机丢弃该上行路由帧；若是，则无人机根据该上行路由帧得到管辖该无人机的活动基站的位置信息，无人机根据该活动基站的位置信息，并结合自身的位置信息调整无人机天线单元的方向，使无人机天线单元的方向与其管辖的活动基站的基站天线单元方向相匹配。

4. 根据权利要求1所述的基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法，其特征在于，各个无人机对自身的遥测帧进行编码和调制，并采用CS-ALOHA协议在窄带频段上广播遥测帧信号包括以下步骤：

无人机侦听窄带频段是否空闲；

若窄带频段空闲，则无人机对遥测帧进行编码调制，并在窄带频段内广播遥测帧信号；若窄带频段不空闲，则无人机重新侦听窄带频段是否空闲。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法，其特征在于，无人机或混合基站侦听窄带频段是否空闲具体包括以下步骤：

无人机或混合基站首先接收窄带频段内的信号，下变频并通过A/D变换得到数字信号；

设计长度为L的滑动窗口，截取 Δt 时间段的数字信号序列 X_i ， $X_i = \{x_i, x_{(i+1)}, x_{(i+2)}, \dots, x_{(i+L-1)}\}$ ，其中， $\Delta t = L/f_s$ ， f_s 为采样频率，i表示滑动窗口的起始时刻，并且以第一个滑动窗口的起始时刻为0时刻；

$$\text{计算数字信号序列 } X_i \text{ 的能量 } P_{Xi}, P_{Xi} = \frac{|x_i|^2 + |x_{i+1}|^2 + |x_{i+2}|^2 + \dots + |x_{i+L-1}|^2}{L-1};$$

判断 P_{Xi} 是否大于既设定的能量阈值 P_{th} ，若是，则判定为窄带频段不空闲；若否，则判定为窄带频段空闲。

6. 根据权利要求5所述的基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法,其特征在于,无人机或混合基站在窄带频段内广播信号过程中,无人机或混合基站对广播的信号进行碰撞检测,并根据碰撞检测结果判断是否重传;其具体包括以下步骤:无人机或混合基站接收窄带频段内的信号进行解调解码,然后检测解调解码的帧中是否含有特征码,若是,则判定该帧未受到碰撞;若否,则无人机或混合基站立即停止广播信号,并按照二进制指数回退算法进行回退;所述二进制指数回退算法进行回退包括:初始化碰撞次数 $h=0$,定义参数 k 、参数 k 的最大值 k_{\max} 、基本回退时间 T 和最大碰撞次数 h_{\max} ;每次无人机或混合基站检测到信号受到碰撞后碰撞次数 h 自增1;确定离散的整数集合 $[0, 1, \dots, (2^k)]$, $k=\min(h, k_{\max})$;从离散的整数集合 $[0, 1, \dots, (2^k)]$ 中选取一个随机数 r ,等待 $r*T$ 时长,当碰撞次数 h 超过最大碰撞次数 h_{\max} 时,不再重传。

7. 根据权利要求1所述的基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法,其特征在于,所述基站天线单元和无人机天线单元均包括全向天线和MIMO天线。

8. 根据权利要求1所述的基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法,其特征在于,所述主控台先在活动基站信息表中查询待遥控无人机的活动基站,然后主控台向待遥控无人机的活动基站发送该无人机要执行的遥控指令帧。

9. 根据权利要求1所述的基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法,其特征在于,待遥控无人机执行遥控指令后,该无人机在窄带频段采用CS-ALOHA协议广播遥控指令回执,如果活动基站在规定时间内未成功接收到该遥控指令回执,则活动基站重新发送遥控指令帧信号。

一种基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法

技术领域

[0001] 本发明属于无人机通信技术领域,具体涉及一种基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法。

背景技术

[0002] 随着无人机技术的发展,无人机不再简单应用于影视拍摄、微型自拍等方面,在农业、物流、灾难救援、观察野生动物、监控传染病、测绘、新闻报道、电力巡检等领域均有应用,中远距离无人机测控问题也越发得到关注。

[0003] 无人机测控系统包含无人机遥测、视频下行及无人机遥控。无人机测控是跟踪定位无人机、监视无人机工作状态、获取视频数据和遥控无人机的重要手段。通过无人机遥测和视频下行,获得无人机设备状态信息、无人机搭载的传感器数据和无人机拍摄的实时视频,并通过直播视频流、事后分析设备状态及传感器数据,为无人机巡检和无人机的正常运行提供不可或缺的作用。通过无人机遥控,可以控制无人机完成指定的动作和任务。

[0004] 现有的无人机大都采用电台通信方式,无人机通过无线电台与控制台连接,其通信距离受限,一般不超过50公里,不能满足中远距离测控。少部分远距离飞行无人机采用卫星信道,需要无人机本身携带卫星终端,成本高昂;大部分卫星终端体积大、重量大,需占用无人机有限载重量。少部分卫星终端虽体积较小但码速率低,不能满足图传需求。

[0005] 此外,现有的无人机测控系统在通信体制上大都采用点到点通信,即一个测控站同时只与一架无人机通信;少部分无人机测控系统虽然采用频分多址技术,能够容纳多架无人机,但是其测控地面站数目只有一个,由于测控地面站数目少、无人机通信可用的频段带宽有限,所以可容纳的无人机数量很小;与本发明相同的无人机蜂窝通信方式尚未出现过。现阶段没有单位和个人对无人机采用混合基站蜂窝通信,与其相对应的基于CS-ALOHA(载波侦听-ALOHA)协议进行无人机物理层通信的方式也没有出现过。

发明内容

[0006] 为了解决现有技术存在的上述问题,本发明目的在于提供一种基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法,其利用蜂窝通信网络进行通信,解决了电台通信模式下无人机测控范围过小的问题,解决了卫星通信模式下卫星终端成本高昂的问题。

[0007] 本发明所采用的技术方案为:一种基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法,包括以下步骤:

[0008] 搭建混合基站,且每个混合基站均设置基站天线单元,每个无人机均设置无人机天线单元;

[0009] 利用混合基站构建蜂窝通信网络;

[0010] 为蜂窝通信网络分配一个窄带频段和宽带频段;

[0011] 从混合基站中选择出用于对无人机进行管辖的混合基站作为该无人机的活动基站,然后该活动基站调整自身基站天线单元的方向;

[0012] 所述活动基站向自身管辖的无人机发送通知信息,使各个无人机调整自身无人机天线单元的方向并与其管辖的活动基站的基站天线单元方向相匹配;

[0013] 各个无人机利用无人机天线单元在宽带频段发送视频流数据,各个无人机对自身的遥测帧进行编码和调制,并采用CS-ALOHA协议在窄带频段上广播遥测帧信号;

[0014] 各个混合基站接收窄带频段内的信号,并对该信号进行解调解码,然后判断解调解码的信息中是否有合法格式的帧出现,如果有合法格式的帧出现,则判断该帧的类型;如果该帧为遥测帧,则混合基站根据该遥测帧所属的无人机信息,判断自己是否为管辖该无人机的活动基站;若否,则该活动基站丢弃该遥测帧;若是,则该活动基站将该遥测帧转发至主控台;该活动基站利用基站天线单元在宽带频段接收该无人机的视频流数据,并将该视频流数据转发至主控台;

[0015] 主控台向待遥控无人机的活动基站发送该无人机要执行的遥控指令帧;

[0016] 该活动基站对遥控指令帧进行编码和调制,并采用CS-ALOHA协议在窄带频段上广播遥控指令帧信号;

[0017] 各个无人机接收窄带频段内的信号,并对该信号进行解调解码,然后判断解调解码的信息中是否有合法格式的帧出现,如果有合法格式的帧出现,则判断该帧的类型;如果该帧为遥控指令帧,则各个无人机根据该遥控指令帧的信息,判断自己是否为该遥控指令帧的待遥控无人机;若否,则该无人机丢弃该遥控指令帧;若是,则该无人机从遥控指令帧中读取遥控指令;

[0018] 待遥控无人机执行遥控指令。

[0019] 作为优选方式,从混合基站中选择出用于对无人机进行管辖的混合基站作为该无人机的活动基站,然后该活动基站调整自身基站天线单元的方向包括以下步骤:

[0020] 无人机侦听窄带频段是否空闲;

[0021] 若窄带频段空闲,则无人机对下行路由帧进行编码调制,并在窄带频段内广播下行路由帧信号,所述下行路由帧包括无人机的经度 Lng_v 、纬度 Lat_v 、高度 h_v 和时间戳 t ;若窄带频段不空闲,则无人机重新侦听窄带频段是否空闲;

[0022] 各个混合基站接收窄带频段内的信号,并对该信号进行解调解码,然后判断解调解码的信息中是否有合法格式的帧出现,如果有合法格式的帧出现,则判断该帧的类型;如果该帧为下行路由帧,则混合基站根据该下行路由帧得到无人机的位置信息,然后将无人机的位置信息存储在混合基站的无人机位置表中;

[0023] 各个混合基站根据无人机的位置信息计算自身与该无人机的距离信息,并将距离信息发送至主控台,主控台根据每个混合基站发送的距离信息为无人机选择出距离该无人机最近的混合基站作为该无人机的活动基站,然后主控台将各活动基站的信息写入主控台的活动基站信息表中;

[0024] 各活动基站从无人机位置表中查询自身管辖的无人机位置信息,并结合自身的位置信息调整自身基站天线单元的方向。

[0025] 作为优选方式,在S44中,计算无人机与混合基站之间的距离信息具体为:以地心为原点建立三维直角坐标系,再将无人机的经度 Lng_v 、纬度 Lat_v 、高度 h_v 和混合基站的经度 Lng_B 、纬度 Lat_B 和高度 h_B 分别转换为三维直角坐标系下的坐标,得到无人机的坐标点A(X_v, Y_v, Z_v)和混合基站的坐标点B(X_B, Y_B, Z_B),然后计算出坐标点A(X_v, Y_v, Z_v)和坐标点B(X_B, Y_B, Z_B),

Z_p) 之间的距离,即为无人机与混合基站之间的距离 $l = \sqrt{(X_v - X_B)^2 + (Y_v - Y_B)^2 + (Z_v - Z_B)^2}$ 。

[0026] 作为优选方式,所述活动基站向自身管辖的无人机发送通知信息,使各个无人机调整自身无人机天线单元的方向并与其管辖的活动基站的基站天线单元方向相匹配包括以下步骤:

[0027] 活动基站侦听窄带频段是否空闲;

[0028] 若窄带频段空闲,则活动基站对上行路由帧进行编码调制,并在窄带频段内广播上行路由帧信号,所述上行路由帧包括活动基站的经度 Lng_B 、纬度 Lat_B 、高度 h_B 和目的无人机编号;若窄带频段不空闲,则活动基站重新侦听窄带频段是否空闲;

[0029] 各个无人机接收窄带频段内的信号,并对该信号进行解调解码,然后判断解调解码的信息中是否有合法格式的帧出现,如果有合法格式的帧出现,则判断该帧的类型;如果该帧为上行路由帧,则无人机根据该上行路由帧中目的无人机编号,判断该路由帧是否属于自己;若否,则无人机丢弃该上行路由帧;若是,则无人机根据该上行路由帧得到管辖该无人机的活动基站的位置信息,无人机根据该活动基站的位置信息,并结合自身的位置信息调整无人机天线单元的方向,使无人机天线单元的方向与其管辖的活动基站的基站天线单元方向相匹配。

[0030] 作为优选方式,各个无人机对自身的遥测帧进行编码和调制,并采用CS-ALOHA协议在窄带频段上广播遥测帧信号包括以下步骤:

[0031] 无人机侦听窄带频段是否空闲;

[0032] 若窄带频段空闲,则无人机对遥测帧进行编码调制,并在窄带频段内广播遥测帧信号;若窄带频段不空闲,则无人机重新侦听窄带频段是否空闲。

[0033] 作为优选方式,无人机或混合基站侦听窄带频段是否空闲具体包括以下步骤:

[0034] 无人机或混合基站首先接收窄带频段内的信号,下变频并通过A/D变换得到数字信号;

[0035] 设计长度为L的滑动窗口g,截取 Δt 时间段的数字信号序列 $X_i, X_i = \{x_i, x_{(i+1)}, x_{(i+2)}, \dots, x_{(i+L-1)}\}$,其中, $\Delta t = L/f_s, f_s$ 为采样频率,i表示滑动窗口的起始时刻,并且以第一个滑动窗口的起始时刻为0时刻;

[0036] 计算数字信号序列 X_i 的能量 $P_{Xi}, P_{Xi} = \frac{|x_i|^2 + |x_{i+1}|^2 + |x_{i+2}|^2 + \dots + |x_{i+L-1}|^2}{L-1}$;

[0037] 判断 P_{Xi} 是否大于既设定的能量阈值 P_{th} ,若是,则判定为窄带频段不空闲;若否,则判定为窄带频段空闲。

[0038] 作为优选方式,无人机或混合基站在窄带频段内广播信号过程中,无人机或混合基站对广播的信号进行碰撞检测,并根据碰撞检测结果判断是否重传;其具体包括以下步骤:无人机或混合基站接收窄带频段内的信号进行解调解码,然后检测解调解码的帧中是否含有特征码,若是,则判定该帧未受到碰撞;若否,则无人机或混合基站立即停止广播信号,并按照二进制指数回退算法进行回退;所述二进制指数回退算法进行回退包括:初始化碰撞次数 $h=0$,定义参数k、参数k的最大值 k_{max} 、基本回退时间T和最大碰撞次数 h_{max} ;每次无人机或混合基站检测到信号受到碰撞后碰撞次数h自增1;确定离散的整数集合 $[0, 1, \dots, (2^k)]$, $k = \min(h, k_{max})$;从离散的整数集合 $[0, 1, \dots, (2^k)]$ 中选取一个随机数r,等待 $r \cdot T$ 时长,当碰撞次数h超过最大碰撞次数 h_{max} 时,不再重传。

[0039] 作为优选方式,所述基站天线单元和无人机天线单元均包括全向天线和MIMO天线。

[0040] 作为优选方式,所述主控台先在活动基站信息表中查询待遥控无人机的活动基站,然后主控台向待遥控无人机的活动基站发送该无人机要执行的遥控指令帧。

[0041] 作为优选方式,待遥控无人机执行遥控指令后,该无人机在窄带频段采用CS-ALOHA协议广播遥控指令回执,如果活动基站在规定时间内未成功接收到该遥控指令回执,则活动基站重新发送遥控指令帧信号。

[0042] 本发明的有益效果为:

[0043] 1、本发明通过混合基站蜂窝通信,解决了电台通信模式下无人机测控范围过小的问题,解决了卫星通信模式下卫星终端成本高昂的问题,由于无需携带卫星终端,相对增加了无人机可用载荷量。

[0044] 2、本发明通过CS-ALOHA(载波侦听-ALOHA)协议,利用载波侦听、指数回退、碰撞重传的手段使得多架无人机和混合基站在相同的频段中传输信息,相对减少了数据包碰撞概率,解决了无人机测控系统的多址接入问题。

[0045] 3、本发明自定义了无人机测控链路层协议,通过下行路由帧为无人机选择活动基站并为活动基站建立无人机拓扑;通过上行路由帧为无人机建立活动基站拓扑;通过遥测帧为无人机传输遥测数据;通过遥控指令帧向无人机发送遥控指令;通过遥控指令回执来判断无人机是否执行了指令,保证遥控了指令传输的可靠性,并且遥控指令回执相对较短,对整个通信系统带来的负担小。

[0046] 4、本发明通过MIMO(多入多出)技术,利用定向天线来传输无人机的视频下行数据,并且为视频下行链路分配了单独的频段,信道质量好、容量大,满足了无人机视频传输的高带宽需求。

附图说明

[0047] 图1是本发明提供的一种基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法中混合基站蜂窝通信拓扑图;

[0048] 图2是本发明提供的一种基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法中滑动窗口的示意图;

[0049] 图3是本发明提供的一种基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法中无人机或混合基站侦听窄带频段是否空闲的流程图;

[0050] 图4是本发明提供的一种基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法中CS-ALOHA协议的流程图。

具体实施方式

[0051] 本实施例提供了一种基于CS-ALOHA的无人机测控蜂窝通信方法,包括以下步骤:

[0052] S1,搭建M个混合基站 B_0 、 B_1 、 B_2 、 \dots 、 B_{M-1} ,且每个混合基站均设置基站天线单元,每个无人机均设置无人机天线单元,实现混合基站与无人机之间的通信,混合基站与主控台之间可以通过任意的链路通信,如利用中继卫星、3G/4G/5G网络或者光纤,进而解决无人机与主控台之间的通信。所述基站天线单元和无人机天线单元均包括全向天线和MIMO天线,

全向天线用于传输遥测、遥控数据,MIMO天线用于传输视频流数据。本发明利用MIMO(多入多出)技术,利用定向天线来传输无人机的视频下行数据,并且为视频下行链路分配了单独的频段,信道质量好、容量大,满足了无人机视频传输的高带宽需求。

[0053] S2,利用混合基站构建蜂窝通信网络;如图1所示,蜂窝通信网络中的单个混合基站可覆盖半径10-100公里的区域,通过合理布局使多个混合基站覆盖更大的区域,为了防止某些区域未覆盖,混合基站之间覆盖区域有交叉。一旦蜂窝通信网络构建完成,每个混合基站的经度、纬度和高度就可以写入混合基站的存储器中。本发明通过混合基站蜂窝通信,解决了电台通信模式下无人机测控范围过小的问题,解决了卫星通信模式下卫星终端成本高昂的问题,由于无需携带卫星终端,相对增加了无人机可用载荷量。

[0054] S3,为蜂窝通信网络分配一个窄带频段和宽带频段;无人机路由、遥测和遥控共同使用窄带频段,视频下行使用宽带频段。

[0055] S4,从混合基站中选择出用于对无人机进行管辖的混合基站作为该无人机的活动基站,然后该活动基站调整自身基站天线单元的方向,具体包括以下步骤:

[0056] S41,无人机侦听窄带频段是否空闲,如图3所示,具体包括以下步骤:

[0057] S411,无人机接收窄带频段内的信号,下变频并通过A/D变换得到数字信号;

[0058] S412,如图2所示,设计长度为L的滑动窗口g,L的大小可通过实验得出最优值,截取 Δt 时间段的数字信号序列 X_i , $X_i = \{x_i, x_{(i+1)}, x_{(i+2)}, \dots, x_{(i+L-1)}\}$,其中, $\Delta t = L/f_s$, f_s 为采样频率,i表示滑动窗口g的起始时刻,并且以第一个滑动窗口g的起始时刻为0时刻;

[0059] S413,计算数字信号序列 X_i 的能量 P_{Xi} ,
$$P_{Xi} = \frac{|x_i|^2 + |x_{i+1}|^2 + |x_{i+2}|^2 + \dots + |x_{i+L-1}|^2}{L-1};$$

[0060] S414,判断 P_{Xi} 是否大于既设定的能量阈值 P_{th} ,若是,则判定为窄带频段不空闲;若否,则判定为窄带频段空闲。

[0061] S42,若窄带频段空闲,则无人机对下行路由帧进行编码调制,并在窄带频段内广播下行路由帧信号,所述下行路由帧包括无人机的经度 Lng_v 、纬度 Lat_v 、高度 h_v 和时间戳t;若窄带频段不空闲,则滑动窗口g向后移一个时间段,返回步骤S41,无人机继续侦听窄带频段是否空闲。各无人机均设置定位模块(GPS/北斗/GALILEO/GLONASS),无人机向定位模块获取自身的经度 Lng_v 、纬度 Lat_v 、高度 h_v 和时间戳并形成下行路由帧 R_d 。所述下行路由帧设有特征码字段及校验和FCS字段,下行路由帧 R_d 的格式及其说明分别如表101和102所示。

[0062] 表101下行路由帧的格式

特征码(字节数组, 8字节)	帧类型(UINT16, 2字节)	帧长度(UINT16, 2字节)	帧编号(UINT16, 2字节)	时间戳(datetime, 4字节)
无人机编号(UINT16, 2字节)	经度(FLOAT, 4字节)	纬度(FLOAT, 4字节)	高度(FLOAT, 4字节)	校验和FCS(UINT16, 2字节)

[0064] 表102下行路由帧的格式说明

字段名	帧信息	说明
特征码	字节数组, 8 字节	协议赋予帧的标识, 用于发送端判断当前帧是否碰撞以及接收端检测合法格式的帧, 所有帧的特征码统一为 0xAA55AA55AA55AA55
帧类型	UINT16, 2 字节	协议赋予帧的类型, 用于目的主机确认帧类型, 下行路由帧: 1010
帧长度	UINT16, 2 字节	帧整体的长度
[0065] 帧编号	UINT32, 4 字节	协议赋予当前帧唯一的编号
时间戳	datetime, 4 字节	定位模块向无人机返回的时间
无人机编号	UINT16, 2 字节	赋予无人机唯一的编号
经度	FLOAT, 4 字节	无人机在地球球面坐标系的横坐标
纬度	FLOAT, 4 字节	无人机在地球球面坐标系的纵坐标
高度	FLOAT, 4 字节	无人机的海拔高度
校验和 FCS	UINT16, 2 字节	用于接收端判断收到的下行路由帧是否准确无误, 采用 CRC16 标准生成

[0066] S43, 各个混合基站接收窄带频段内的信号, 并对该信号进行解调解码, 然后判断解调解码的信息中是否有合法格式的帧出现, 如果有合法格式的帧出现, 则判断该帧的类型; 如果该帧为下行路由帧, 则混合基站根据该下行路由帧中的校验和 FCS 字段判断该下行路由帧是否准确无误, 若不准确, 则丢弃该下行路由帧; 若准确, 则混合基站将下行路由帧解析得到的无人机位置信息存储进混合基站的无人机位置表中。其中, 无人机的位置信息包括无人机的经度 Lng_v 、纬度 Lat_v 、高度 h_v , 无人机位置表的格式及其说明分别如表 103 和 104 所示。

[0067] 表 103 无人机位置表的格式

无人机编号	经度	纬度	高度	时间戳
[0068] UINT16 类型, 2 字节	FLOAT 类型, 4 字节	FLOAT 类型, 4 字节	FLOAT 类型, 4 字节	datetime, 4 字节

[0069] 表 104 无人机位置表的说明

名称	说明
[0070] 无人机编号	赋予无人机唯一的编号, UINT16 类型, 2 字节
经度	无人机在地球球面坐标系的横坐标, FLOAT 类型, 4 字节
纬度	无人机在地球球面坐标系的纵坐标, FLOAT 类型, 4 字节
高度	无人机的海拔高度, FLOAT 类型, 4 字节
时间戳	无人机向定位模块获取的时间信息, datetime, 4 字节

[0071] S44, 各个混合基站根据无人机的位置信息计算自身与该无人机的距离信息, 并将距离信息发送至主控台, 主控台根据每个混合基站发送的距离信息为无人机选择出距离该无人机最近的混合基站作为该无人机的活动基站, 主控台通知混合基站成为对应无人机的活动基站, 然后主控台将各活动基站的信息写入主控台的活动基站信息表中, 活动基站信息表的格式及其说明分别如表 105 和 106 所示。计算无人机与混合基站之间的距离信息具体为: 以地心为原点建立三维直角坐标系, 再将无人机的经度 Lng_v 、纬度 Lat_v 、高度 h_v 和混合基站的经度 Lng_B 、纬度 Lat_B 和高度 h_B 分别转换为三维直角坐标系下的坐标, 得到无人机的坐标

点A (X_v, Y_v, Z_v) 和混合基站的坐标点B (X_B, Y_B, Z_B), 然后计算出坐标点A (X_v, Y_v, Z_v) 和坐标点B (X_B, Y_B, Z_B) 之间的距离, 即为无人机与混合基站之间的距离 $l = \sqrt{(X_v - X_B)^2 + (Y_v - Y_B)^2 + (Z_v - Z_B)^2}$ 。

[0072] 表105活动基站信息表的格式

[0073]	无人机编号	活动基站编号
	UINT16型, 2字节	UINT16型, 2字节

[0074] 表106活动基站信息表的说明

[0075]	名称	说明
	无人机编号	赋予无人机唯一的编号, UINT16类型, 2字节
	活动基站编号	为该无人机传输遥测信号的混合基站编号, UINT16, 2字节

[0076] S45, 各活动基站从无人机位置表中查询自身管辖的无人机位置信息, 并结合自身的位置信息调整自身MIMO天线波束的方向, 以良好地接收视频流数据。

[0077] 如图4所示, 在S42中, 无人机在窄带频段内广播下行路由帧信号过程中, 无人机对广播的下行路由帧信号进行碰撞检测, 并根据碰撞检测结果判断是否重传, 所述碰撞检测具体为: 无人机接收窄带频段内的信号进行解调解码, 然后检测解调解码的帧中是否含有特征码, 具体地, 无人机的接收机判断前八个字节是否为0xAA55AA55AA55AA55, 若是, 则判定该帧未受到碰撞; 若否, 则无人机或混合基站立即停止广播信号, 并按照二进制指数回退算法进行回退。所述二进制指数回退算法进行回退包括: 无人机初始化碰撞次数 $h = 0$, 定义参数 k 、参数 k 的最大值 k_{\max} 、基本回退时间 T 和最大碰撞次数 h_{\max} ; 每次无人机检测到信号受到碰撞后碰撞次数 h 自增1; 确定离散的整数集合 $[0, 1, \dots, (2^k)]$, $k = \min(h, k_{\max})$; 从离散的整数集合 $[0, 1, \dots, (2^k)]$ 中选取一个随机数 r , 等待 $r * T$ 时长, 当碰撞次数 h 超过最大碰撞次数 h_{\max} 时, 不再重传。

[0078] S5, 所述活动基站向自身管辖的无人机发送通知信息, 告知各无人机属于哪个活动基站, 使各个无人机调整自身无人机天线单元的方向并与其管辖的活动基站的基站天线单元方向相匹配, 具体包括以下步骤:

[0079] S51, 活动基站侦听窄带频段是否空闲, 其侦听原理与无人机侦听窄带频段是否空闲的原理相同。

[0080] S52, 若窄带频段空闲, 则活动基站对上行路由帧进行编码调制, 并在窄带频段内广播上行路由帧信号, 所述上行路由帧包括活动基站的经度 Lng_B 、纬度 Lat_B 、高度 h_B 和目的无人机编号, 上行路由帧 R_U 的格式及其说明分别如表107和108所示; 若窄带频段不空闲, 则活动基站重新侦听窄带频段是否空闲。活动基站在窄带频段内广播上行路由帧信号过程中, 活动基站对广播的上行路由帧信号进行碰撞检测, 并根据碰撞检测结果判断是否重传, 其碰撞检测原理与无人机对广播的下行路由帧信号进行碰撞检测原理相同。

[0081] 表107上行路由帧的格式

[0082]	特征码 (字节数组, 8 字节)	帧类型 (UINT16, 2 字节)	帧长度 (UINT16, 2 字节)	帧编号 (UINT16, 2 字节)	时间戳 (datetime, 4 字节)	目的无人机编号 (UINT16, 2 字节)
	活动基站编号 (UINT16, 2 字节)	经度 (FLOAT, 4 字节)	纬度 (FLOAT, 4 字节)	高度 (FLOAT, 4 字节)	校验和 FCS (UINT16, 2 字节)	

[0083] 表108上行路由帧的格式说明

字段名	帧信息	说明
特征码	字节数组, 8 字节	协议赋予帧的标识, 用于发送端判断当前帧是否碰撞以及接收端检测合法格式的帧, 所有帧的特征码统一为 0xAA55AA55AA55AA55
帧类型	UINT16, 2 字节	协议赋予帧的类型, 用于目的主机确认帧类型, 上行路由帧: 2010
帧长度	UINT16, 2 字节	帧整体的长度
帧编号	UINT32, 4 字节	协议赋予当前帧唯一的编号
[0084] 时间戳	datetime, 4 字节	当前帧形成时的时间
目的无人机编号	UINT16, 2 字节	当前上行路由帧的目的无人机编号
活动基站编号	UINT16, 2 字节	赋予活动基站唯一的编号
经度	FLOAT, 4 字节	活动基站在地球球面坐标系的横坐标
纬度	FLOAT, 4 字节	活动基站在地球球面坐标系的纵坐标
高度	FLOAT, 4 字节	活动基站的海拔高度
校验和 FCS	UINT16, 2 字节	用于接收端判断收到的上行路由帧是否准确无误, 采用 CRC16 标准生成

[0085] S53, 各个无人机接收窄带频段内的信号, 并对该信号进行解调解码, 然后判断解调解码的信息中是否有合法格式的帧出现, 如果有合法格式的帧出现, 则判断该帧的类型; 如果该帧为上行路由帧, 则无人机根据该上行路由帧中的校验和FCS字段判断该上行路由帧是否准确无误, 若不准确, 则丢弃该上行路由帧; 若准确, 则解析该上行路由帧, 无人机根据该上行路由帧目的无人机编号, 判断该上行路由帧是否属于自己, 具体判断方式为: 各无人机的编号与上行路由帧中目的无人机编号进行比较, 若上行路由帧中目的无人机编号与自己的编号不相同, 则无人机丢弃该上行路由帧; 若上行路由帧中目的无人机编号与自己的编号相同, 则无人机根据该上行路由帧得到管辖该无人机的活动基站的位置信息, 并将活动基站编号写入无人机的存储器中, 活动基站的位置信息包括活动基站的经度 Lng_B 、纬度 Lat_B 和高度 h_B , 无人机根据该活动基站的位置信息, 并结合自身的位置信息调整MIMO天线波束的方向, 使无人机MIMO天线的方向与其管辖的活动基站的MIMO天线的方向相匹配, 以保证活动基站能够对视频流数据进行良好的接收。

[0086] S6, 各个无人机利用MIMO天线在宽带频段发送视频流数据, 各个无人机对自身的遥测帧进行编码和调制, 并采用CS-ALOHA协议在窄带频段上广播遥测帧信号, 具体包括以下步骤:

[0087] S61, 无人机侦听窄带频段是否空闲; 其侦听原理与上述的无人机侦听窄带频段是否空闲的原理相同。

[0088] S62, 若窄带频段空闲, 则无人机对遥测帧进行编码调制, 并在窄带频段内广播遥

测帧信号;若窄带频段不空闲,则无人机重新侦听窄带频段是否空闲。无人机的遥测设备获取遥测数据并形成遥测帧,遥测帧的格式及其说明分别如表109和110所示。无人机在窄带频段内广播遥测帧信号过程中,无人机对广播的遥测帧信号进行碰撞检测,并根据碰撞检测结果判断是否重传,其碰撞检测原理与上述的无人机对广播的下行路由帧信号进行碰撞检测原理相同。

[0089] 表109遥测帧的格式

[0090]	特征码 (字节数组, 8 字节)	帧类型 (UINT16, 2 字节)	帧长度 (UINT16, 2 字节)	帧编号 (UINT32, 4 字节)
	时间戳 (datetime, 4 字节)	无人机编号 (UINT16, 2 字节)	遥测内容 (可变长)	校验和 FCS (UINT16, 2 字节)
[0091]				

[0092] 表110遥测帧的格式说明

字段名	帧信息	说明
[0093] 特征码	字节数组, 8 字节	协议赋予帧的标识, 用于发送端判断当前帧是否碰撞以及接收端检测合法格式的帧, 所有帧的特征码统一为 0xAA55AA55AA55AA55
帧类型	UINT16, 2 字节	协议赋予帧的标识, 用于目的主机确认帧类型, 遥测帧: 3010
帧长度	UINT16, 2 字节	帧整体的长度
帧编号	UINT32, 4 字节	协议赋予当前帧唯一的编号
时间戳	datetime, 4 字节	定位模块向无人机返回的时间
无人机编号	UINT16, 2 字节	赋予无人机唯一的编号
遥测内容	可变长	无人机的遥测内容, 视不同型号的无人机而不同
校验和 FCS	UINT16, 2 字节	用于接收端判断收到的遥测帧是否准确无误, 采用 CRC16 标准生成

[0094] S7,各个混合基站接收窄带频段内的信号,并对该信号进行解调解码,然后判断解调解码的信息中是否有合法格式的帧出现,如果有合法格式的帧出现,则判断该帧的类型;如果该帧为遥测帧,则混合基站解析该遥测帧,并根据该遥测帧中的校验和FCS字段判断该遥测帧是否准确无误,若不准确,则丢弃该遥测帧;若准确,则混合基站根据该遥测帧所属的无人机信息,判断自己是否为管辖该无人机的活动基站,若否,则该活动基站丢弃该遥测帧;若是,则该活动基站将该遥测帧转发至主控台。其中,判断自己是否为管辖该无人机的活动基站的具体方式为:混合基站取出遥测帧中的无人机编号,对比该无人机编号与自身的编号是否一致,从而判断自己是否为该无人机的活动基站。该活动基站利用MIMO天线在宽带频段接收该无人机的视频流数据,并将该视频流数据转发至主控台。

[0095] 主控台向无人机发送遥控指令,需进行以下步骤。

[0096] S8,主控台在活动基站信息表中查询待遥控无人机的活动基站,主控台向待遥控无人机的活动基站发送该无人机要执行的遥控指令帧。其中,遥控指令帧的格式及其说明分别如表111和112所示。

[0097] 表111遥控指令帧的格式

[0098]	特征码 (字节数组, 8 字节)	帧类型 (UINT16, 2 字节)	帧长度 (UINT16, 2 字节)	帧编号 (UINT32, 4 字节)	时间戳 (datetime, 4 字节)
	无人机编号 (UINT16, 2 字节)	遥控指令编号 (UINT16, 2 字节)	遥控指令 (blob, 可变长)	校验和 FCS (UINT16, 2 字节)	

[0099] 表112遥控指令帧的格式说明

字段名	帧信息	说明
特征码	字节数组, 8 字节	协议赋予帧的标识, 用于发送端判断当前帧是否碰撞以及接收端检测合法格式的帧, 所有帧的特征码统一为 0xAA55AA55AA55AA55
帧类型	UINT16, 2 字节	协议赋予帧的标识, 用于目的主机确认帧类型, 遥控指令帧: 5010
帧长度	UINT16, 2 字节	帧整体的长度
帧编号	UINT32, 4 字节	协议赋予当前帧唯一的编号
时间戳	datetime, 4 字节	当前帧形成时的时间
无人机编号	UINT16, 2 字节	待遥测无人机的编号
遥控指令编号	UINT16, 2 字节	当前遥控指令的编号
遥控指令	blob, 可变长	无人机的遥控指令, 视无人机型号不同而不同
校验和 FCS	UINT16, 2 字节	用于接收端判断收到的遥控指令帧是否准确无误, 采用 CRC16 标准生成

[0101] S9, 该活动基站对遥控指令帧进行编码和调制, 并采用CS-ALOHA协议在窄带频段上广播遥控指令帧信号, 具体包括以下步骤:

[0102] S91, 活动基站侦听窄带频段是否空闲; 其侦听原理与上述活动基站侦听窄带频段是否空闲的原理相同。

[0103] S92, 若窄带频段空闲, 则活动基站对遥控指令帧进行编码调制, 并在窄带频段内广播遥控指令帧信号; 若窄带频段不空闲, 则活动基站重新侦听窄带频段是否空闲。活动基站在窄带频段内广播遥控指令帧信号过程中, 活动基站对广播的遥控指令帧信号进行碰撞检测, 并根据碰撞检测结果判断是否重传, 其碰撞检测原理与上述的活动基站对广播的上行路由帧信号进行碰撞检测原理相同。

[0104] S10, 各个无人机接收窄带频段内的信号, 并对该信号进行解调解码, 然后判断解调解码的信息中是否有合法格式的帧出现, 如果有合法格式的帧出现, 则判断该帧的类型; 如果该帧为遥控指令帧, 则混合基站解析该遥控指令帧, 并根据该遥控指令帧中的校验和 FCS 字段判断该遥控指令帧是否准确无误, 若不准确, 则丢弃该遥控指令帧; 若准确, 则各个无人机根据该遥控指令帧的信息, 判断自己是否为该遥控指令帧的待遥控无人机; 若否, 则该无人机丢弃该遥控指令帧; 若是, 则该无人机从遥控指令帧中取出遥控指令。其中, 判断自己是否为该遥控指令帧的待遥控无人机的具体方式为: 无人机取出遥控指令帧中的无人机编号, 对比该无人机编号与自身的编号是否一致, 从而判断自己是否为该遥控指令帧的待遥控无人机。

[0105] S11, 待遥控无人机执行遥控指令, 然后该无人机在窄带频段采用CS-ALOHA协议广播遥控指令回执, 如果活动基站在规定时间内未成功接收到该遥控指令回执, 则活动基站重新发送遥控指令帧信号。其中, 遥控指令回执的格式及其说明分别如表113和114所示。

[0106] 表113遥控指令回执的格式

[0107]	特征码 (字节数组, 8 字节)	帧类型 (UINT16, 2 字节)	帧长度 (UINT16, 2 字节)	帧编号 (UINT32, 4 字节)
	无人机编号 (UINT16, 2 字节)	遥控指令编号 (UINT16, 2 字节)	执行结果 (UINT16, 2 字节)	校验和 FCS (UINT16, 2 字节)

[0108] 表114遥控指令回执的说明

字段名	帧信息	说明
[0109]	特征码	字节数组, 8 字节
	帧类型	UINT16, 2 字节
	帧长度	UINT16, 2 字节
	帧编号	UINT32, 4 字节
	无人机编号	UINT16, 2 字节
	遥控指令编号	UINT16, 2 字节
	执行结果	UINT16, 2 字节
[0110]	校验和 FCS	UINT16, 2 字节

[0111] 本发明通过CS-ALOHA (载波侦听-ALOHA) 协议, 利用载波侦听、指数回退、碰撞重传的手段使得多架无人机和混合基站在相同的频段中传输信息, 相对减少了数据包碰撞概率, 解决了无人机测控系统的多址接入问题。本发明自定义了无人机测控链路层协议, 通过下行路由帧为无人机选择活动基站并为活动基站建立无人机拓扑; 通过上行路由帧为无人机建立活动基站拓扑; 通过遥测帧为无人机传输遥测数据; 通过遥控指令帧向无人机发送遥控指令; 通过遥控指令回执来判断无人机是否执行了指令, 保证遥控了指令传输的可靠性, 并且遥控指令回执相对较短, 对整个通信系统带来的负担小。

[0112] 本发明不局限于上述可选的实施方式, 任何人在本发明的启示下都可得出其他各种形式的产品。上述具体实施方式不应理解成对本发明的保护范围的限制, 本发明的保护范围应当以权利要求书中界定的为准, 并且说明书可以用于解释权利要求书。

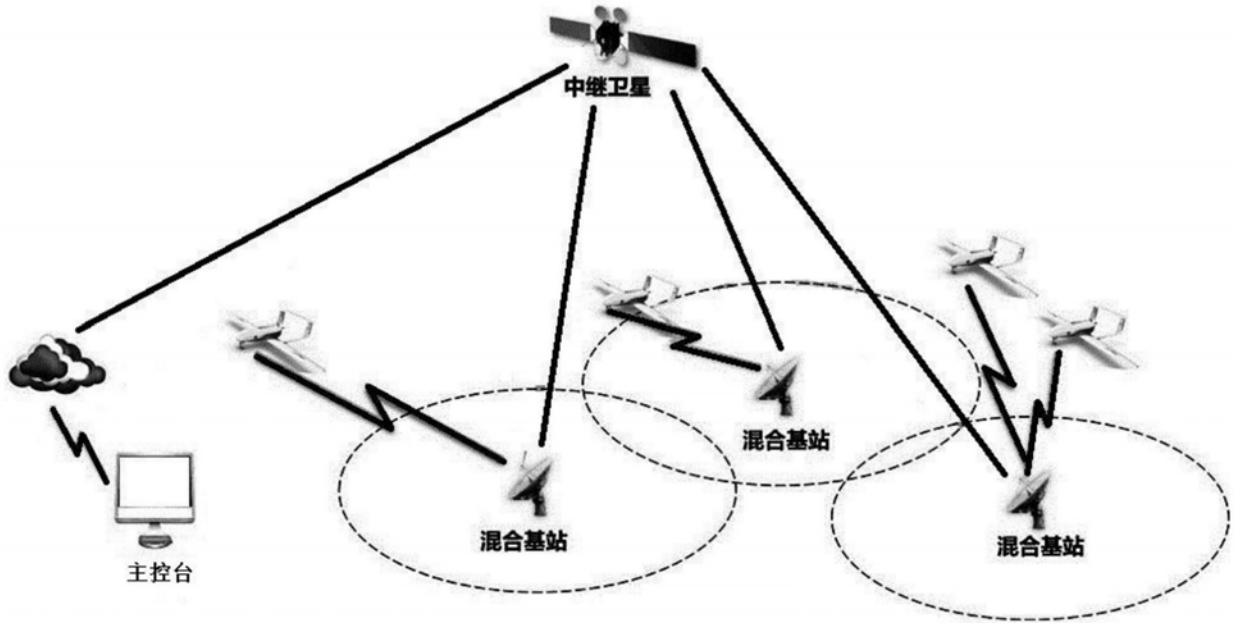


图1

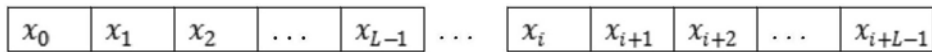


图2

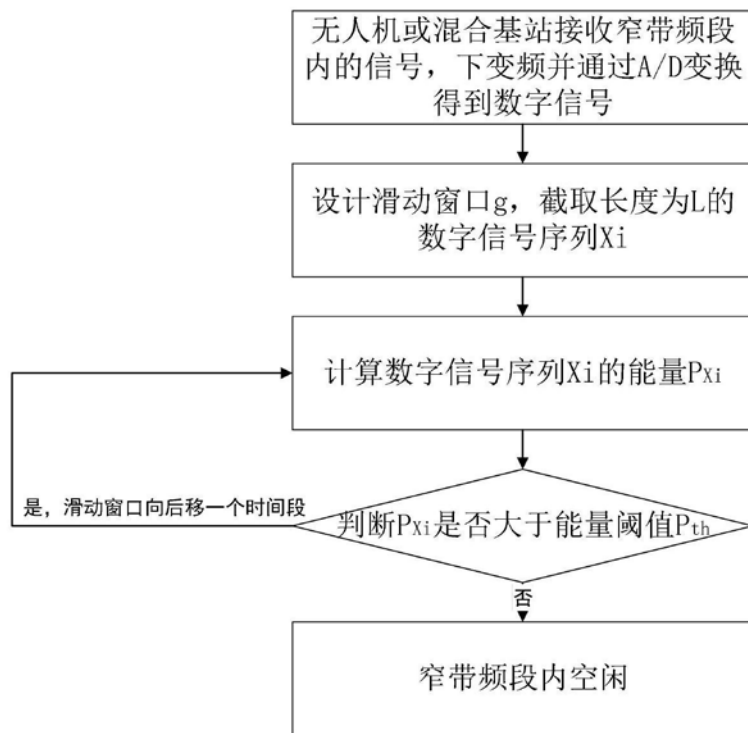


图3

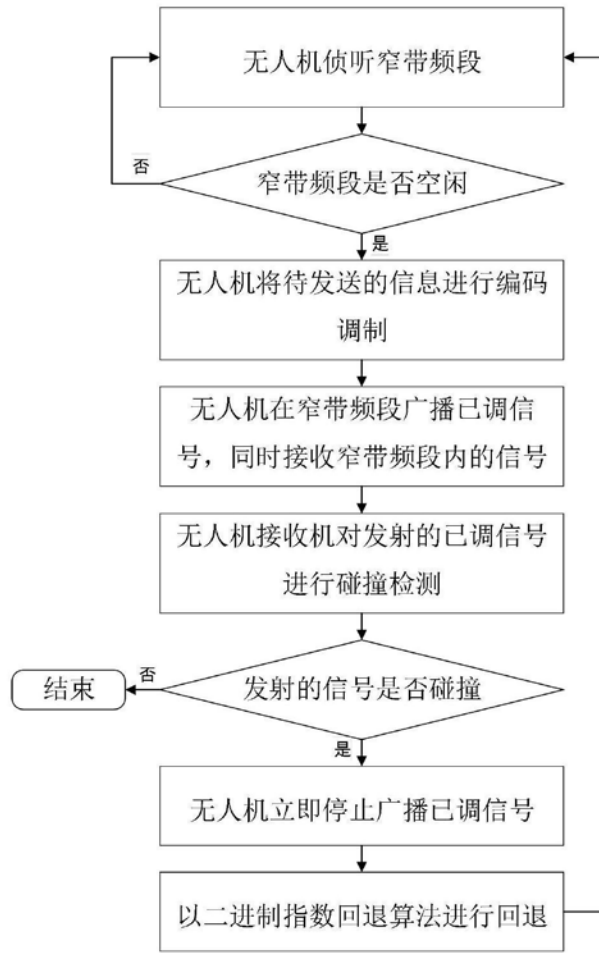


图4