

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2018年7月5日 (05.07.2018)



(10) 国际公布号  
**WO 2018/121626 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
**H04B 7/185** (2006.01) **H04B 7/155** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/119109
- (22) 国际申请日: 2017年12月27日 (27.12.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201611265870.7 2016年12月30日 (30.12.2016) CN
- (71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (72) 发明人: 王铠尧 (WANG, Kaiyao); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong

518129 (CN)。刘永俊 (LIU, Yongjun); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,

(54) Title: AIR-TO-GROUND COMMUNICATION SYSTEM, METHOD, AND DEVICE

(54) 发明名称: 高空通信系统、方法及装置

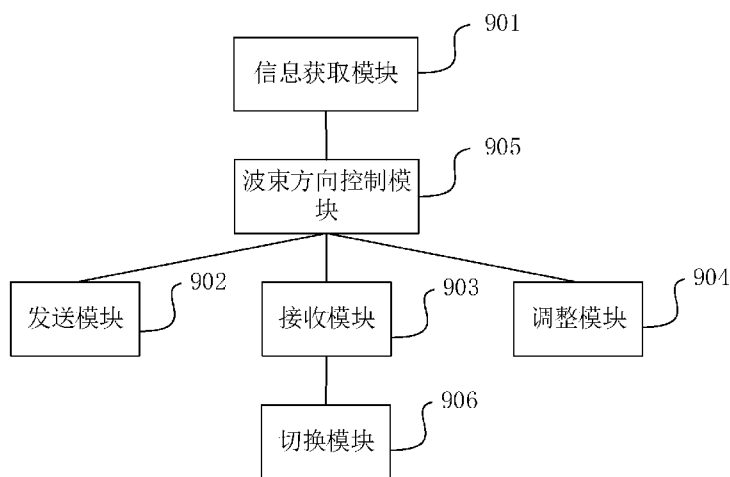


图 9

901 INFORMATION ACQUISITION MODULE  
902 TRANSMISSION MODULE  
903 RECEIVING MODULE  
904 ADJUSTMENT MODULE  
905 BEAM DIRECTION CONTROL MODULE  
906 SWITCHING MODULE

(57) Abstract: The embodiments of the invention provide a communication control method utilized in air-to-ground communication. The method is applicable to a layered network comprising a ground network and at least one layer of air networks. The method comprises: receiving, by a ground platform, location information of an air platform transmitted therefrom, wherein the ground platform is located in the ground network, and the air platform is located in the air network and covers the ground platform; determining, according to location information of the ground platform and the location information of the air platform, a direction of a beam; and transmitting, in the direction of the beam, and to the air platform, beam width information, wherein the beam width information is used to adjust a period of transmitting the location information of the air platform.



WO 2018/121626 A1

NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

**本国际公布：**

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

---

**(57) 摘要：** 本发明实施例提供一种空中和地面间的通信控制方法，所述方法应用于地面网络和至少一层空中网络组成的分层网络中，所述方法包括：地面平台接收高空平台发送的所述高空平台的位置信息；所述无地面平台位于地面网络中，所述高空平台位于所述空中网络中，且覆盖所述地面平台；根据地面平台的位置信息和所述高空平台的位置信息确定波束方向；在所述波束方向上向所述高空平台发送波束宽度信息；所述波束宽度信息用于调整所述高空平台的位置信息发送周期。

# 高空通信系统、方法及装置

本申请要求在2016年12月30日提交中国专利局、申请号为201611265870.7、申请名称为“高空通信系统、方法及装置”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

## 技术领域

本发明涉及无线通信技术领域，特别涉及一种高空通信系统、方法及装置。

## 背景技术

国际电联(ITU)的报告显示，目前世界上仍有近2/3的人口没有联网，主要分布在偏远、人口密度低的地区。通过地面基站为这些地区进行网络覆盖，成本会非常高。利用空中平台(气球、飞艇、无人机)提供面向偏远地区的广覆盖网络是一种新的手段。通常，高空平台位于距离地面高度18~25km的平流层。平流层这一层一般具有较小的风速(例如，5到40m/s之间的风速)和相对较小的湍流。另外，18km以上的高度通常超过了商业飞机指定的最大高度。因此，当高空平台部署在18km至25km之间时，对商业飞机不会造成太大干扰。

在相关技术中，例如谷歌气球，高空平台携带基站(包括BBU、RRU、天线等通信设备)升到平流层，高空基站与地面核心网利用无线回传进行通信。高空平台需要对通信设备做低温、低压、低湿度及散热等保护措施，避免对设备造成影响。高空平台通过太阳能电池供电。

在实现本发明的过程中，发明人发现现有技术至少存在以下问题：

高空平台的载重与平台大小、成本成正比。将基站搬移到高空平台上，基站的体积、重量、保温、散热及功耗等问题对高空平台的有效载荷和供电能力提出非常高的要求。随着未来无线接入网逐步向C-RAN(Coordinated-Random Access Networks)演进，集中式基带处理池的设备功耗，体积重量，也会相比传统分布式基站大幅度增加。很难通过高空平台带到空中，而且现有的这种结构造成地面和高空之间空口交互信息过多，消耗功率大。

## 发明内容

为了解决现有技术的问题，本发明实施例提供了一种高空通信系统、方法及装置。所述技术方案如下：

一方面，本发明实施例提供一种空中和地面间的通信控制方法，所述方法应用于地面网络和至少一层空中网络组成的分层网络中，所述方法包括：

地面平台接收高空平台发送的所述高空平台的位置信息；所述无地面平台位于地面网络中，所述高空平台位于所述空中网络中，且覆盖所述地面平台；

根据地面平台的位置信息和所述高空平台的位置信息确定波束方向；

在所述波束方向上向所述高空平台发送波束宽度信息；所述波束宽度信息用于调整所述高空平台的位置信息发送周期。

本发明实施例还包括：

所述地面平台测量无线前传链路质量；所述无线前传链路为所述地面平台和所述高空平台之间的无线通信链路；

根据所述链路质量，判断是否需要无线前传链路传输接口的切换；

当判断需要进行切换时，向所述高空平台发送切换控制信息以控制无线前传链路进行传输接口的切换。

本发明实施例中，所述根据所述链路质量和预定策略，判断是否需要无线前传链路切换，包括：

地面平台将所述无线前传链路质量与门限进行比较；

如果所述无线前传链路质量大于所述门限，判断与所述高空平台之间使用无线光传输接口进行无线前传通信；如果所述无线前传链路质量小于所述门限，判断与所述高空平台之间使用无线电传输接口进行无线前传通信。

本发明实施例中，所述当判断需要进行切换时，向所述高空平台发送切换控制信息，控制无线前传链路进行切换，包括：

当判断与所述高空平台之间使用无线光传输接口进行无线前传通信时，所述地面平台向高空平台发送切换控制信息，指示所述平台采用无线光传输接口进行无线前传通信；

当判断与所述高空平台之间使用无线电传输接口进行无线前传通信时，所述地面平台向高空平台发送切换控制信息，指示所述平台采用无线电传输接口进行无线前传通信。

本发明实施例中，在所述地面平台接收并存储高空平台发送的所述高空平台的位置信息之前，所述方法还包括：

所述地面平台获得所述高空平台的最大移动速率；

根据所述最大移动速率计算所述高空平台的位置范围的边界；

控制所述高空平台在所述所述位置范围的边界内移动。

本发明实施例中，所述地面平台获得所述高空平台的最大移动速率，具体包括：

获得高空平台在两个不同时刻的位置坐标；

根据两个不同时刻的位置坐标差和两个不同时刻的时间差，计算在所述时间差内的平均速率；

在一个或多个飞行周期内，将平均速率值最大的那段时间差内的平均速率作为最大移动速率。

本发明实施例中，所述根据所述最大移动速率计算所述高空平台的位置范围的边界，具体为：

根据所述最大移动速率、所述地面平台与所述高空平台之间的距离、所述空中网络和所述地面网络直接按的垂直高度差值、所述无线前传链路允许的最大频偏以及波束的波长计算所述高空平台的位置范围的边界。

本发明实施例中，所述根据地面平台的位置信息和所述高空平台的位置信息确定波束方向，包括：

根据所述高空平台的位置信息，计算所述高空平台的移动轨迹；

根据所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面平台的位置信息，计算波束方向。

本发明实施例中，在所述波束方向上向所述高空平台发送波束宽度信息之前，所述方法还包括：

根据所述高空平台的位置信息，计算所述高空平台的移动轨迹；

根据所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面平台的位置信息，计算波束宽度信息，所述波束宽度信息包括水平波瓣角和垂直波瓣角。

本发明实施例中，所述地面平台为BBU或者基站；所述高空平台为RRU、直放站或者天线。

又一方面，本发明实施例提供一种空中和地面间的通信控制方法，所述方法应用于地面网络和至少一层空中网络组成的分层网络中，所述方法包括：

高空平台周期性获取自身位置信息及倾斜角信息；

根据所述倾斜角信息控制波束方向，在所述波束方向上将所述自身的位置信息发送给地面平台；所述无地面平台位于地面网络中，所述高空平台位于所述空中网络中，且覆盖所述地面平台；

接收所述地面平台发送的波束宽度信息，所述波束宽度信息是所述地面平台根据所述位置信息和所述地面平台自身的位置信息计算得到的；

根据所述波束宽度信息用于调整所述自身位置信息的发送周期。

本发明实施例中，所述方法还包括：

接收所述地面平台的切换控制命令后，根据控制命令携带的信息，切换相应接口进行无线前传通信。

又一方面，本发明实施例提供一种地面平台，用于控制空中和地面间的通信，所述地面平台应用于地面网络和至少一层空中网络组成的分层网络中，所述地面平台包括：

接收模块，用于接收高空平台发送的所述高空平台的位置信息；所述无地面平台位于地面网络中，所述高空平台位于所述空中网络中，且覆盖所述地面平台；

控制模块，用于根据地面平台的位置信息和所述接收模块接收到的位置信息确定波束方向；

发送模块，用于在所述控制模块确定的波束方向上向所述高空平台发送波束宽度信息；所述波束宽度信息用于调整所述高空平台的位置信息发送周期。

本发明实施例中，所述平台还包括：

测量模块，用于测量无线前传链路质量；所述无线前传链路为所述地面平台和所述高空平台之间的无线通信链路；

判断模块，用于根据所述测量模块测量的链路质量，判断是否需要无线前传链路传输接口的切换；

切换指示模块，用于当判断需要进行切换时，向所述高空平台发送切换控制信息以控制无线前传链路进行传输接口的切换。

本发明实施例中，所述判断模块包括：

比较单元，用于将所述测量模块测量到的无线前传链路质量与门限进行比较；

判断单元，用于如果所述比较单元的结果为所述无线前传链路质量大于所述门限，判断与所述高空平台之间使用无线光传输接口进行无线前传通信；如果所述比较单元的结果为所述无线前传链路质量小于所述门限，判断与所述高空平台之间使用无线电传输接口进行无线前传通信。

本发明实施例中，所述地面平台还包括：

速率获得模块，用于获得所述高空平台的最大移动速率；

计算模块，用于根据所述速率获得模块获得的最大移动速率计算所述高空平台的位置

范围的边界；

移动控制模块，用于控制所述高空平台在所述计算模块计算得到的位置范围的边界内移动。

本发明实施例中，所述速率获得模块具体包括：

坐标获得单元，获得高空平台在两个不同时刻的位置坐标；

计算单元，用于根据所述坐标获得单元获得的两个不同时刻的位置坐标差和两个不同时刻的时间差，计算在所述时间差内的平均速率；

速率确定单元，用于在一个或多个飞行周期内，将所述计算单元计算得到的平均速率值最大的那段时间差内的平均速率作为最大移动速率。

本发明实施例中，所述计算模块具体用于：

根据所述最大移动速率、所述地面平台与所述高空平台之间的距离、所述空中网络和所述地面网络直接接的垂直高度差值、所述无线前传链路允许的最大频偏以及波束的波长计算所述高空平台的位置范围的边界。

本发明实施例中，所述控制模块包括：

轨迹计算单元，用于根据所述高空平台的位置信息，计算所述高空平台的移动轨迹；

方向计算单元，用于根据所述轨迹计算单元计算得到的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面平台的位置信息，计算波束方向。

本发明实施例中，所述地面平台还包括：

轨迹计算单元，用于根据所述高空平台的位置信息，计算所述高空平台的移动轨迹；

宽度信息计算单元，用于根据所述轨迹计算单元计算得到的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面平台的位置信息，计算波束宽度信息，所述波束宽度信息包括水平波瓣角和垂直波瓣角。

本发明实施例中，所述地面平台为 BBU 或者基站；所述高空平台为 RRU、直放站或者天线。

又一方面，本发明实施例提供一种高空平台，所述高空平台应用于地面网络和至少一层空中网络组成的分层网络中，所述高空平台包括：

信息获取模块，用于周期性获取所述高空平台自身位置信息及倾斜角信息；

波束方向控制模块，用于根据所述信息获取模块获取的倾斜角信息控制波束方向；

发送模块，用于在所述波束方向控制模块控制的波束方向上将所述自身的位置信息发送给地面平台；所述无地面平台位于地面网络中，所述高空平台位于所述空中网络中，且覆盖所述地面平台；

接收模块，用于接收所述发送模块发送的波束宽度信息，所述波束宽度信息是所述地面平台根据所述位置信息和所述地面平台自身的位置信息计算得到的；

调整模块，用于根据所述接收模块接收到的波束宽度信息用于调整所述自身位置信息的发送周期。

本发明实施例中，接收模块还用于接收所述地面平台的切换控制命令后，其中所述高空平台还包括：

切换模块，用于在所述接收模块接收到所述地面平台的切换控制命令后，根据控制命令携带的信息，切换相应接口进行无线前传通信。

本发明实施例提供一种分布式高空平台通信系统，所述系统包括高空轻量级前端平台

设备和地面重量级量级处理平台设备，其中：

所述高空轻量级前端平台设备包括空中设备和前述实施例所述的高空平台，所述空中设备携带所述高空平台在空中驻留或者移动；

所述地面重量级量级处理平台设备包括如前述实施例所述的地面平台和天线，其中所述天线和所述地面平台互相配合用于发送数据。

本发明实施例中，所述高空平台为多个，所述地面平台为一个，所述高空平台和所述地面平台组成星行拓扑结构，所述多个高空平台分别和所述地面平台进行无线前传通信。

本发明实施例中，所述高空平台为多个且和所述地面平台数量相等，每个空中平台唯一对应一个地面平台进行无线前传通信。

本发明实施例中，所述高空平台为多个且组成链式拓扑结构，所述地面平台为一个，其中一个高空平台和所述地面平台进行无线前传通信，其它高空平台通过中继链路和所述一个高空平台进行通信。

本发明实施例通过以上技术方案，将高空设备和地面设备分开，并且根据高空设备或者地面设备的位置信息，确定波束方向，在所述波束方向上发送波束宽度信息；而所述波束宽度信息用于调整所述高空设备的位置信息发送周期，且，所述波束宽度信息表示的波束宽度越宽，所述自身的位置信息的发送周期越长。这样既能减少地面设备和高空设备的空口交互信息，而且地面设备不需要实时调波束方向，减小地面设备的功耗，提高了地面设备的天线增益高。

## 附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，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。

图 1A 是本发明实施例提供的一种分布式高空平台通信系统示意图；

图 1B 是本发明实施例提供的一种星型组网结构示意图；

图 1C 是本发明实施例提供的一种链型组网结构示意图；

图 1D 是本发明实施例提供的一种树型组网结构示意图；

图 1E 是本发明实施例提供的一种环型组网结构示意图；

图 2 是本发明实施例提供的一种通信方法流程图；

图 3A 是本发明实施例提供的一种波束方向获取方法示意图；

图 3B 是本发明实施例提供的一种波束水平波瓣角获取方法示意图；

图 3C 是本发明实施例提供的一种波束垂直波瓣角获取方法示意图；

图 3D 是本发明实施例提供的另一种波束方向获取方法示意图；

图 3E 是本发明实施例提供的另一种波束水平波瓣角获取方法示意图；

图 3F 是本发明实施例提供的另一种波束垂直波瓣角获取方法示意图；

图 4A 是本发明实施例提供的另一种波束水平波瓣角获取方法示意图；

图 4B 是本发明实施例提供的另一种波束垂直波瓣角获取方法示意图；

图 4C 是本发明实施例提供的另一种波束水平波瓣角获取方法示意图；

图 4D 是本发明实施例提供的另一种波束垂直波瓣角获取方法示意图；

- 图 5 是本发明实施例提供的一种波束方向控制方法示意图；  
图 6 是本发明实施例提供的一种位置信息发送周期确定方法流程图；  
图 7A 是本发明实施例提供的一种无线 CPRI 协议架构示意图；  
图 7B 是本发明实施例提供的一种无线前传链路切换流程图；  
图 8 是本发明实施例提供的一种高空 RRU 位置范围的边界确定方法流程图；  
图 9 是本发明实施例提供的一种高空设备装置框图；  
图 10 是本发明实施例提供的一种地面设备装置框图；  
图 11 是本发明实施例提供的一种空中和地面间的通信控制方法流程图；  
图 12 是本发明实施例提供的一种空中和地面间的通信控制方法流程图。

## 具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

这里将详细地对示例性实施例进行说明，其示例表示在附图中。下面的描述涉及附图时，除非另有表示，不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施例中所描述的实施方式并不代表与本发明相一致的所有实施方式。相反，它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本发明的一些方面相一致的装置和方法的例子。

如图 11 所示，本发明实施例提供一种空中和地面间的通信控制方法，所述方法应用于地面网络和至少一层空中网络组成的分层网络中，所述方法包括：

S110，地面设备接收高空设备发送的所述高空设备的位置信息；所述地面设备位于所述地面网络中，所述高空设备位于所述空中网络中，且覆盖所述地面设备；

S120，根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息确定所述地面设备到所述高空设备的波束方向和波束宽度信息；

S130，在所述波束方向上向所述高空设备发送所述波束宽度信息；所述波束宽度信息用于调整所述高空设备的位置信息发送周期。

如图 11 中的虚线框所示，在 S120 之前，所述方法还包括：

S111，所述地面设备获得所述高空设备的最大移动速率；

S112，根据所述最大移动速率计算所述高空设备的位置范围的边界；

S113，控制所述高空设备在所述位置范围的边界内移动。

可选地，步骤 S111，具体包括：

获得所述高空设备在两个不同时刻的位置信息；

根据两个不同时刻的位置信息，计算在两个不同时刻的时间差内的平均速率；

在所述高空设备的一个或多个飞行周期内，将平均速率值最大的时间段内的平均速率作为最大移动速率。

可选地，步骤 S112，具体为：

根据所述最大移动速率、所述地面设备和所述高空设备之间的无线链路允许的最大频偏以及波束的波长计算所述高空设备的位置范围的边界。

可选地，步骤 S120：所述根据地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息确定到所述高空设备的波束方向和波束宽度信息，包括：

S1201，根据所述高空设备的位置信息，计算所述高空设备的移动轨迹的中心位置坐

标;

S1202, 根据所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息, 计算所述波束方向和所述波束宽度信息。

进一步, 可选地, 步骤 S1202: 根据所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息, 计算所述波束方向和所述波束宽度信息, 包括:

S12021, 根据所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息, 计算所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离;

S12022, 根据所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离、所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息, 计算所述波束方向;

S12023, 根据所述高空设备位置信息, 计算所述移动轨迹的半径;

S12024, 根据所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离、第一预设值、所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息计算所述波束宽度信息, 其中, 所述第一预设值大于或者等于所述移动轨迹的半径。

可选地, 在另一种实现方式中, 步骤 S120: 所述根据地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息确定到所述高空设备的波束方向和波束宽度信息, 可以包括:

S121, 根据所述高空设备位置信息, 计算所述移动轨迹的半径;

S122, 根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息, 计算所述地面设备和所述高空设备之间的距离;

S123, 根据所述地面设备和所述高空设备之间的距离、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息, 计算所述波束方向;

S124, 根据所述地面设备和所述高空设备之间的距离、第二预设值、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息, 计算所述波束宽度信息, 其中, 所述第二预设值大于零并且小于或者等于所述移动轨迹的半径。

在一个实施例中, 上述地面设备为 BBU、基站或者云基带处理单元; 所述云基带处理单元包括多个 BBU; 所述高空设备为 RRU、直放站或者天线。

当所述地面设备为 BBU 或云基带处理单元, 所述云基带处理单元包括多个 BBU, 所述高空设备为 RRU 时, 如图 11 虚线框所示, 所述方法还包括:

S140, 所述地面设备测量无线前传链路质量; 所述无线前传链路为所述地面设备和所述高空设备之间的无线通信链路;

S150, 根据所述链路质量, 判断是否需要无线前传链路传输接口的切换;

S160, 当判断需要进行切换时, 向所述高空设备发送切换控制信息以控制无线前传链路进行传输接口的切换。

可选地, 步骤 S150: 根据所述链路质量, 判断是否需要无线前传链路切换, 包括:

S151, 所述地面设备将所述无线前传链路质量与门限进行比较;

S152, 如果所述无线前传链路质量大于所述门限, 判断与所述高空设备之间使用无线光传输接口进行无线前传通信; 如果所述无线前传链路质量小于所述门限, 判断与所述高空设备之间使用无线电传输接口进行无线前传通信。

可选地, S160: 所述当判断需要进行切换时, 向所述高空设备发送切换控制信息, 控制无线前传链路进行切换, 包括:

S161, 当判断与所述高空设备之间使用无线光传输接口进行无线前传通信时, 所述地

面设备向所述高空设备发送切换控制信息，指示所述高空设备采用无线光传输接口进行无线前传通信；

S162，当判断与所述高空设备之间使用无线电传输接口进行无线前传通信时，所述地面设备向所述高空设备发送切换控制信息，指示所述高空设备采用无线电传输接口进行无线前传通信。

如图 12 所示，本发明实施例提供一种空中和地面间的通信控制方法，所述方法应用于地面网络和至少一层空中网络组成的分层网络中，所述方法包括：

S210，高空设备周期性获取自身的位置信息；

S220，将所述自身的位置信息发送给地面设备；所述地面设备位于地面网络中，所述高空设备位于所述空中网络中，且覆盖所述地面设备；

S230，接收所述地面设备发送的波束宽度信息，所述波束宽度信息是所述地面设备根据接收到的所述高空设备的自身的位置信息和所述地面设备自身的位置信息计算得到的；

S240，根据所述波束宽度信息调整所述自身的位置信息的发送周期，其中，所述波束宽度信息表示的波束宽度越宽，所述自身的位置信息的发送周期越长。

可选地，如图 12 虚线框所示，在一个实施例中，S220：将所述自身的位置信息发送给地面设备之前，还包括：

S211，根据所述自身的位置信息和所述地面设备的位置信息确定所述高空设备到所述地面设备的波束方向和波束宽度信息；其中，所述地面设备的位置信息为预先配置给所述高空设备的；所述波束宽度信息指示的波束宽度至少覆盖所述地面设备；

其中，S220：将所述自身的位置信息发送给地面设备具体为：

在所述波束方向上将所述自身的位置信息发送给地面设备。

可选地，步骤 S240：根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息确定到所述地面设备的波束方向和波束宽度信息，包括：

S241，根据所述高空设备的位置信息，计算所述高空设备的移动轨迹的中心位置坐标；

S242，根据所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向和所述波束宽度信息。

进一步，步骤 S242，包括：

S2421，根据所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离；

S2422，根据所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离、所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向；

S2423，根据所述高空设备位置信息，计算所述移动轨迹的半径；

S2424，根据所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离、第一预设值、所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息计算所述波束宽度信息，其中，所述第一预设值大于或者等于所述移动轨迹的半径。

在另一个实施例中，可选地，步骤 S240：根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息确定波束方向和波束宽度信息，包括：

S2401，根据所述高空设备位置信息，计算所述移动轨迹的半径；

S2402，根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息，计算所述地面设备和所述高空设备之间的距离；

S2403, 根据所述地面设备和所述高空设备之间的距离、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息, 计算所述波束方向;

S2404, 根据所述地面设备和所述高空设备之间的距离、所述第二预设值、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息, 计算所述波束宽度信息, 其中, 所述第二预设值大于零并且小于或者等于所述移动轨迹的半径。

可选地, 当所述地面设备为 BBU 或者云基带处理单元, 所述云基带处理单元包括多个 BBU, 所述高空设备为 RRU 时, 所述方法还包括:

S250, 接收所述地面设备的切换控制命令, 根据控制命令携带的信息, 切换相应接口进行无线前传通信。

本发明实施例通过以上技术方案, 将高空设备和地面设备分开, 并且根据高空设备或者地面设备的位置信息, 确定波束方向, 在所述波束方向上发送波束宽度信息; 而所述波束宽度信息用于调整所述高空设备的位置信息发送周期, 且, 所述波束宽度信息表示的波束宽度越宽, 所述自身的位置信息的发送周期越长。这样既能减少地面设备和高空设备的空口交互信息, 而且地面设备不需要实时调波束方向, 减小地面设备的功耗, 提高了地面设备的天线增益高。

下面结合具体的网络场景对本发明实施例进行进一步的详细描述:

无线接入网(RAN)是移动运营商赖以生存的重要资产, 可以向用户提供 7x24 小时不间断、高质量的数据服务。传统的无线接入网具有以下特点: 第一, 每个基站连接若干固定数量的扇区天线, 并覆盖小片区域, 每个基站只能处理本小区收发信号; 第二, 系统的容量是干扰受限, 各个基站独立工作已经很难增加频谱效率; 这些特点带来了以下挑战: 数量巨大的基站意味着高额的建设投资、站址配套、站址租赁以及维护费用, 建设更多的基站意味着更多的资本开支和运营开支。此外, 现有基站的实际利用率仍然很低, 网络的平均负载一般来说远远低于忙时负载, 而不同的基站之间不能共享处理能力, 也很难提高频谱效率。

C-RAN 是云基带处理单元、RRU 和天线组成的协作式无线网络, 其中, 云基带处理单元包含多个 BBU。本质是通过实现减少基站机房数量, 减少能耗, 采用协作化、虚拟化技术, 实现资源共享和动态调度, 提高频谱效率, 以达到低成本, 高带宽和灵活度的运营。

由于 BBU 集中处理, 云基带处理单元的设备功耗, 体积重量, 也会相比传统分布式基站大幅度增加, 很难通过高空平台携带到空中。本发明中, 利用高空平台将轻量级前端设备带入空中, 可以与 C-RAN 架构有效的结合。

带动力高空平台(如飞艇、无人机等)携带轻量级前端平台设备升到空中, 实现空中驻留, 即在一定范围内飞移动。地面设备包含地面重量级处理平台设备和天线, 其中, 天线用于地面重量级处理平台设备与轻量级前端平台设备进行无线通信。

轻量级前端平台设备可以为 RRU、直放站或反射天线。地面重量级处理平台设备可以为 BBU、云基带处理单元、基站。

本发明实施例通过以上技术方案, 将高空设备和地面设备分开, 并且根据高空设备或者地面设备的位置信息, 确定波束方向, 在所述波束方向上发送波束宽度信息; 而所述波束宽度信息用于调整所述高空设备的位置信息发送周期, 且, 所述波束宽度信息表示的波束宽度越宽, 所述自身的位置信息的发送周期越长。这样既能减少地面设备和高空设备的空口交互信息, 而且地面设备不需要实时调波束方向, 减小地面设备的功耗, 提高了地面

设备的天线增益高。

为了方便描述，下面以高空 RRU，地面 BBU 为例，进行详细说明。

图 1A 是本发明实施例提供的一种分布式高空平台通信系统示意图，如图 1A 所示，该定位系统包括多个 BBU( BaseBand Unit, 基带处理单元)102A 至 102B 和多个 RRU( Remote Radio Unit, 射频拉远单元) 104A 至 104F，基带处理单元 102A 至 102B 是部署在地面的 BBU，被配置由地面电源系统供电，射频拉远单元 104A 至 104F 是经由高空平台部署在平流层的高空 RRU，被配置由高空太阳能电力系统供电。更具体而言，在分布式高空平台通信系统中，高空 RRU 104A 至 104F 一般可以被配置为在高度 18km 至 25km 之间的高度操作（其他高度也可以）。此高度范围可能由于若干原因是有利的。具体的，平流层这一层一般具有较小的风速（例如，5 到 40m/s 之间的风速）和相对较小的湍流。另外，18km 以上的高度通常超过了商业飞机指定的最大高度。因此，当高空平台部署在 18km 至 25km 之间时，对商业飞机不会造成太大干扰。

在本发明实施例中，高空 RRU 104A 至 104F 被配置为经由自由空间链路 106 互相通信。具体的，自由空间链路 106 包含自由空间光链路或微波链路中的至少一种链路。例如，给定的高空 RRU 104A 至 104F 可使用激光来发送光信号与其他高空 RRU 104A 至 104F 通信，其他类型的自由空间光通信是可能的。又例如，给定的高空 RRU 104A 至 104F 也可使用毫米波来发送电磁波信号与其他高空 RRU 104A 至 104F 通信，其他类型的微波通信是可能的。给定的高空 RRU 104A 至 104F 可被配置为利用无线 CPRI 协议或为高空-高空而开发的专有无线前传协议等与其他高空 RRU 104A 至 104F 通信。

在本发明实施例中，高空 RRU 104A 至 104F 被配置为经由自由空间链路 108 与地面 BBU 102A 至 102B 通信。具体的，自由空间链路 108 包含自由空间光链路或微波链路中的至少一种链路。例如，给定的高空 RRU 104A 至 104F 可使用激光来发送光信号与地面 BBU 102A 至 102B 通信，其他类型的自由空间光通信是可能的。又例如，给定的高空 RRU 104A 至 104F 也可使用毫米波来发送电磁波信号与地面 BBU 102A 至 102B 通信，其他类型的微波通信是可能的。给定的高空 RRU 104A 至 104F 可被配置为利用无线 CPRI 协议或为高空-地面而开发的专有无线前传协议等与地面 BBU 102A 至 102B 通信。

在本发明实施例中，高空 RRU 104A 至 104F 中，被配置为包含自由空间链路 106 或自由空间链路 108 中的至少一种链路。在一方面中，可能存在以下场景：多个给定的高空 RRU 104A 至 104F 中，被配置为经由自由空间链路 108 与一个给定的地面 BBU 102A 至 102B 通信，组成星型网络结构，如图 1B 所示。例如，高空 RRU 104A 被配置为经由自由空间链路 108 与地面 BBU 102A 通信，高空 RRU 104C 被配置为经由自由空间链路 108 与地面 BBU 102A 通信，高空 RRU 104D 被配置为经由自由空间链路 108 与地面 BBU 102A 通信，高空 RRU 104A、高空 RRU 104C、高空 RRU 104D 与地面 BBU 102A 组成星型网络结构。

在另一方面中，多个给定的高空 RRU 104A 至 104F 中，一个给定的高空 RRU 被配置为经由自由空间链路 108 与一个给定的地面 BBU 102A 至 102B 通信，多个给定的高空 RRU 被配置为经由自由空间链路 106 互相通信，组成链型网络结构，如图 1C 所示。例如，高空 RRU 104E 被配置为经由自由空间链路 108 与地面 BBU 102B 通信，高空 RRU 104D 被配置为自由空间链路 106 与高空 RRU 104E 通信，高空 RRU 104D、高空 RRU 104E 与地面 BBU 102B 组成链型网络结构。另外，也可组成树型网络结构，如图 1D 所示。例如，

高空 RRU 104E 被配置为经由自由空间链路 108 与地面 BBU 102B 通信, 高空 RRU 104D 被配置为自由空间链路 106 与高空 RRU 104E 通信, 高空 RRU 104F 被配置为自由空间链路 106 与高空 RRU 104E 通信, 高空 RRU 104D、高空 RRU 104E、高空 RRU 104F、与地面 BBU 102B 组成树型网络结构。

在又一方面中, 多个给定的高空 RRU 104A 至 104F 中, 两个给定的高空 RRU 被配置为经由自由空间链路 108 与一个给定的地面 BBU 102A 至 102B 通信, 多个给定的高空 RRU 被配置经由自由空间链路 106 互相通信, 组成环型网络结构, 如图 1E 所示。例如, 高空 RRU 104A 被配置为经由自由空间链路 108 与地面 BBU 102A 通信, 高空 RRU 104C 被配置为经由自由空间链路 108 与地面 BBU 102A 通信, 高空 RRU 104B 被配置为自由空间链路 106 与高空 RRU 104A 和 高空 RRU 104C 通信, 高空 RRU 104D、高空 RRU 104B、高空 RRU 104C、与地面 BBU 102A 组成环型网络结构。

图 2 是本发明实施例提供的一种通信方法流程图, 参见图 2, 该方法包括:

201、高空 RRU 获取自身位置信息和姿态信息并存储, 进行波束控制, 向地面 BBU 发送位置信息。

高空 RRU 被配置为周期性获取自身位置信息。具体的, 位置信息为三维坐标信息  $(x, y, z)$ 。具体获取方法, 本发明实施例对此不作限定。高空 RRU 在高空不是固定在某一个位置, 而是不断的移动, 大致沿着半径  $R$  的轨迹进行飞行。在一个或多个飞行周期内, 获取  $N(N \geq 3)$  个位置信息, 存储位置信息并计算飞行轨迹。获取飞行轨迹的方法可以为:

根据下述公式 1 计算飞行轨迹的中心点  $(x_0, y_0, z_0)$ 。其中,  $(x_i, y_i, z_i)$  表示获取的第  $i$  个位置信息,  $\cdot$  表示乘法运算

$$\begin{cases} x_0 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i \\ y_0 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N y_i \\ z_0 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N z_i \end{cases} \quad (1)$$

根据下述公式 2 计算飞行轨迹的半径  $R$ 。

$$R = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 + (z_i - z_0)^2} \quad (2)$$

在本发明实施例中, 地面 BBU 的位置是固定不动, 位置信息  $(x_b, y_b, z_b)$  对高空 RRU 是已知的, 可以是预先存储在高空 RRU 中。

高空 RRU 对地面 BBU 的初始波束控制可以分为以下三种情况:

当期望的波束方向控制频率不同时, 高空 RRU 根据飞行轨迹的中心点、半径及自身位置信息, 获取波束方向及波束宽度的方法也不同, 具体可以分为以下两种情况:

第一种情况、当期望波束方向频繁控制时, 波束覆盖范围可以仅覆盖地面 BBU, 可获得更高的天线增益, 但需要高空 RRU 频繁发送位置信息。如图 3A 所示, 获取波束方向的方法可以为:

在时间  $t_i$ , 高空 RRU 的位置为  $(x_i, y_i, z_i)$ 。高空 RRU 可根据下述公式 3 计算地面 BBU

与高空 RRU 之间的距离  $L_i$ ，其中  $(x_B, y_B, z_B)$  为地面 BBU 的位置。

$$L_i = \sqrt[2]{(x_B - x_i)^2 + (y_B - y_i)^2 + (z_B - z_i)^2} \quad (3)$$

波束方向由波束水平方向角  $\phi$  和垂直方向角  $\varphi$  来确定。高空 RRU 可根据下述公式 4 计算波束水平方向角  $\phi$  和垂直方向角  $\varphi$ 。

$$\begin{cases} \phi = \arctan\left(\frac{y_i - y_B}{x_i - x_B}\right) \\ \varphi = \arcsin\left(\frac{z_i - z_B}{L_i}\right) \end{cases} \quad (4)$$

在本发明实施例中，当高空 RRU 确定波束方向后，计算波束宽度，其中，波束宽度由水平波瓣角  $\theta$  和垂直波瓣角  $\psi$  来确定。如图 3B 所示，获取波束水平波瓣角的方法可以为：

高空 RRU 可根据下述公式 5 计算波束水平波瓣角  $\theta$ 。

$$\theta = 2 \cdot \arctan\left(\frac{L_2}{L_i}\right) \quad (5)$$

其中， $L_2$  为第二预设值，( $0 < L_2 \leq R$ ，其中  $R$  为飞行轨迹的半径)。需要说明的是，地面 BBU 设备包含天线系统， $L_2$  可为地面 BBU 的尺寸，也可为天线系统的尺寸，还可以是比地面 BBU 尺寸大的数值。

如图 3C 所示，获取波束垂直波瓣角的方法可以为：

需要说明的是，高空 RRU 在不同位置，波束垂直波瓣角  $\psi$  的值是不同的。

高空 RRU 可根据下述公式 6 计算波束垂直波瓣角  $\psi$ 。

$$\psi_i = \arctan\left(\frac{\sqrt[2]{(x_B - x_i)^2 + (y_B - y_i)^2 + L_2}}{z_i - z_B}\right) - \arctan\left(\frac{\sqrt[2]{(x_B - x_i)^2 + (y_B - y_i)^2} - L_2}{z_i - z_B}\right) \quad (6)$$

第二种情况、当期望波束方向少量控制时，高空 RRU 需要波束宽度可以包含高空 RRU 的飞行范围，使高空 RRU 在飞行轨迹上任意一点，波束方向和波束宽度不需要调整。高空 RRU 能够避免频繁控制波束方向，减少高空 RRU 的功耗，但会减少天线增益。如图 3D 所示，获取波束方向的方法可以为：

高空 RRU 可根据下述公式 7 计算地面 BBU 与飞行轨迹的中心点之间的距离  $L$ ，其中  $(x_B, y_B, z_B)$  为地面 BBU 的位置， $(x_0, y_0, z_0)$  为飞行轨迹的中心点的位置。

$$L = \sqrt[2]{(x_B - x_0)^2 + (y_B - y_0)^2 + (z_B - z_0)^2} \quad (7)$$

波束方向由波束水平方向角  $\phi$  和垂直方向角  $\varphi$  来确定。高空 RRU 可根据下述公式 8 计算波束水平方向角  $\phi$  和垂直方向角  $\varphi$ 。

$$\begin{cases} \phi = \arctan\left(\frac{y_0 - y_B}{x_0 - x_B}\right) \\ \varphi = \arcsin\left(\frac{z_0 - z_B}{L}\right) \end{cases} \quad (8)$$

在本发明实施例中，当高空 RRU 确定波束方向后，计算波束宽度，其中，波束宽度由水平波瓣角  $\theta$  和垂直波瓣角  $\psi$  来确定。获取波束水平波瓣角的方法可以为：

高空 RRU 可根据下述公式 9 计算波束水平波瓣角  $\theta$ 。

$$\theta = 2 \cdot \arctan\left(\frac{L_1}{L}\right) \quad (9)$$

其中， $L_1$  为第一预设值，( $L_1 \geq R$ ，其中  $R$  为飞行轨迹的半径)。需要说明的是， $L_1$  可为飞行轨迹的半径，也可是比飞行轨迹的半径大的数值。

获取波束垂直波瓣角的方法可以为：

高空 RRU 可根据下述公式 10 计算波束垂直波瓣角  $\psi$ 。

$$\psi = \arctan\left(\frac{\sqrt{(x_B - x_0)^2 + (y_B - y_0)^2 + L_1}}{z_0 - z_B}\right) - \arctan\left(\frac{\sqrt{(x_B - x_0)^2 + (y_B - y_0)^2 - L_1}}{z_0 - z_B}\right) \quad (10)$$

通过上述计算波束方向和波束宽度方法，高空 RRU 可控制对地面 BBU 的信号波束。高空 RRU 向地面 BBU 发送位置信息。需要说明的是，对于高空 RRU 发送位置信息的时机，可以是在获取一个位置信息后向地面 BBU 发送，也可以是在获取多个位置信息后向地面 BBU 发送，还可以是在有需要的情况下向地面 BBU 发送。

第三种情况、高空设备可以不计算波束方向和波束宽度，预先设定好波束方向和波束宽度，提供一个广覆盖范围。这样可以减少高空设备的计算量，但是天线增益较低。举例说明一下，高空设备的波束方向可以为垂直于地面，波束宽度可以为 180 度，可以保证地面设备在预设距离内，可以接收高空设备的信息。需要说明的是，其他波束方向和波束角度也是可以的。

在另一方面中，空中 RRU 受到湍流影响，发生颠簸抖动，会造成波束方向发生变化。高空 RRU 被配置为周期性获取自身姿态信息。高空 RRU 根据姿态信息，补偿波束水平方向角  $\phi$  和垂直方向角  $\varphi$ ，使波束方向对准地面 BBU。具体的，姿态信息可以为极坐标信息，也可以为其他信息。具体计算方法，本发明实施例对此不作具体限定。

202、地面 BBU 接收并存储高空 RRU 的位置信息，进行波束控制，向高空 RRU 发送波束宽度信息。

当期望的波束覆盖范围不同时，地面 BBU 根据高空 RRU 飞行轨迹的中心点、半径及自身位置信息，获取波束方向及波束宽度的方法也不同，具体可以分为以下两种情况：

第一种情况、当期望的波束覆盖范围仅覆盖高空 RRU，可获得更高的增益，但地面 BBU 需要频繁控制波束，增加高空 RRU 向地面 BBU 发送位置信息的数量。如图 3A 所示，获取波束方向的方法可以为：

在给定时刻  $t_1$ ，高空 RRU 的位置为  $(x_{t_1}, y_{t_1}, z_{t_1})$ ，向地面 BBU 发送位置信息。地面 BBU

周期接收并存储高空 RRU 的位置信息。需要说明的是, 高空 RRU 获取位置信息后, 随即向地面 BBU 发送, 地面 BBU 接收位置信息的时刻与高空 RRU 获取位置信息的时刻的间隔很小, 在该间隔内, 高空 RRU 的移动距离也很小, 可近似认为没有移动。举例说明, 高空 RRU 与地面 BBU 距离值为 100km, 信号传输时延值为 0.33ms, 信号处理时延值可为 1ms, 该间隔的值为 1.33ms, 高空 RRU 的速度值可为 20m/s, 该间隔内的移动距离值为 26.6mm, 可近似认为没有移动。

地面 BBU 可根据上述(3)式计算地面 BBU 与高空 RRU 之间的距离  $L_1$ , 其中  $(x_B, y_B, z_B)$  为地面 BBU 的位置。

波束方向由波束水平方向角  $\phi$  和垂直方向角  $\varphi$  来确定。地面 BBU 可根据上述(4)式计算波束水平方向角  $\phi$  和垂直方向角  $\varphi$ 。

在本发明实施例中, 当地面 BBU 确定波束方向后, 计算波束宽度, 其中, 波束宽度由水平波瓣角  $\theta$  和垂直波瓣角  $\psi$  来确定。如图 4A 所示, 获取波束水平波瓣角的方法可以为:

地面 BBU 可根据上述(5)式计算波束水平波瓣角  $\theta$ 。

需要说明的是, 高空 RRU 设备包含天线系统,  $L_2$  可为高空 RRU 的尺寸, 也可为天线系统的尺寸, 还可以是比高空 RRU 尺寸大的数值。

如图 4B 所示, 获取波束垂直波瓣角的方法可以为:

需要说明的是, 高空 RRU 在不同位置, 波束垂直波瓣角  $\psi$  的值是不同的。

在时刻  $t_1$ , 地面 BBU 可根据上述(6)式计算波束垂直波瓣角  $\psi$ 。

第二种情况、当期望的波束覆盖范围可以覆盖高空 RRU 的移动范围, 地面 BBU 能够避免频繁控制波束方向, 高空 RRU 也能够避免频繁向地面 BBU 发送位置信息, 只在特定条件下向高空 RRU 发送位置信息。如图 3D 所示, 获取波束方向的方法可以为:

地面 BBU 接收并存储  $N(N \geq 3)$  个位置信息。根据上述(1)式和(2)式计算高空 RRU 的飞行轨迹的中心点  $(x_0, y_0, z_0)$  和半径  $R$ 。需要说明的是, 飞行轨迹的中心点和半径信息也可以由高空 RRU 计算后向地面 BBU 发送。

地面 BBU 可根据上述(7)式计算地面 BBU 与飞行轨迹的中心点之间的距离  $L$ , 其中  $(x_B, y_B, z_B)$  为地面 BBU 的位置。

波束方向由波束水平方向角  $\phi$  和垂直方向角  $\varphi$  来确定。地面 BBU 可根据上述(8)式计算波束水平方向角  $\phi$  和垂直方向角  $\varphi$ 。

在本发明实施例中, 当地面 BBU 确定波束方向后, 计算波束宽度, 其中, 波束宽度由水平波瓣角  $\theta$  和垂直波瓣角  $\psi$  来确定。如图 4C 所示, 获取波束水平波瓣角的方法可以为:

地面 BBU 可根据上述(9)式计算波束水平波瓣角  $\theta$ 。

如图 4D 所示, 获取波束垂直波瓣角的方法可以为:

地面 BBU 可根据上述(10)式计算波束垂直波瓣角  $\psi$ 。

通过上述计算波束方向和波束宽度方法, 地面 BBU 可控制对高空 RRU 的信号波束。地面 BBU 向高空 RRU 发送波束宽度信息, 具体的, 波束宽度信息可以是角度值, 也可以

是表示是否为点覆盖信息。

本发明另一实施例中，对波束覆盖范围增加一个冗余区域，避免高空 RRU 因湍流等环境因素出现偏离飞行轨迹，从而导致高空 RRU 与地面 BBU 之间的自由空间链路中断。具体的，地面 BBU 可根据上述计算波束宽度方法获得波束水平波瓣角  $\theta$  和垂直波瓣角  $\psi$ ，分别获取增加冗余度的波束水平波瓣角  $\theta' = n_1 \cdot \theta$  和垂直波瓣角  $\psi' = n_2 \cdot \psi$ 。其中， $n_1$ 、 $n_2$  为冗余因子，且  $n_1 > 1$ 、 $n_2 > 1$ 。例如，增加 10% 冗余度的水平波瓣角  $\theta' = 1.1 \cdot \theta$ ，增加 10% 冗余度的垂直波瓣角  $\psi' = 1.1 \cdot \psi$ 。需要说明的是，冗余因子可以是地面 BBU 预先配置的，也可以是根据情况重新配置的。

高空 RRU 周期获取自身位置信息可判断是否偏离轨迹。具体的，在时刻  $t_2$ ，高空 RRU 自身位置  $(x_{t_2}, y_{t_2}, z_{t_2})$ ，飞行轨迹的中心点  $(x_0, y_0, z_0)$ ，根据下述公式 11 计算当前位置与中心点之间的距离值。

$$l = \sqrt{(x_0 - x_{t_2})^2 + (y_0 - y_{t_2})^2} \quad (11)$$

如图 5 所示，控制波束方向的方法可以为：

高空 RRU 将该距离值  $l$  与门限  $T$  比较，如果距离值  $l$  小于等于门限  $T$ ，说明高空 RRU 距离覆盖范围的边界还有一定距离，不作任何操作；如果距离值  $l$  大于门限  $T$ ，说明高空 RRU 距离覆盖范围的边界很近，可能会飞出覆盖范围。高空 RRU 向地面 BBU 发送该时刻的位置信息  $(x_{t_2}, y_{t_2}, z_{t_2})$ 。需要说明的是，门限可以是地面 BBU 预先配置的，也可以是根据情况重新配置的。

地面 BBU 接收位置信息，根据上述 (11) 式计算获得高空 RRU 当前位置与中心点之间的距离值  $l$ 。需要说明的是，该距离值也可以由高空 RRU 发送给地面 BBU。

根据下述公式 12 计算位置偏移值。其中  $R$  为飞行轨迹的半径。

$$\Delta = l - R \quad (12)$$

根据下述公式 13 计算新的飞行轨迹中心点的位置。

$$\begin{cases} x'_0 = x_0 + \frac{\Delta}{l}(x_{t_2} - x_0) \\ y'_0 = y_0 + \frac{\Delta}{l}(y_{t_2} - y_0) \\ z'_0 = z_{t_2} \end{cases} \quad (13)$$

地面 BBU 根据新的中心点的位置  $(x'_0, y'_0, z'_0)$ ，计算新的波束方向，控制对高空 RRU 的信号波束。具体计算波束方向方法与步骤 202 中计算波束方向方法同理，此处不再赘述。

经过一段时间，在时刻  $t_3$ ，高空 RRU 自身位置  $(x_{t_3}, y_{t_3}, z_{t_3})$ ，如果距离值  $l$  小于等于门限  $T$ ，高空 RRU 向地面 BBU 发送该时刻的位置信息。地面 BBU 接收到位置信息后，根据原中心点的位置  $(x_0, y_0, z_0)$  计算的原波束方向，控制对高空 RRU 的信号波束。

203、高空 RRU 接收并存储波束宽度信息，调整向地面 BBU 发送位置信息的周期。

高空 RRU 根据波束宽度信息判断地面 BBU 的信号波束是覆盖高空 RRU 的移动范围, 或仅覆盖高空 RRU。波束覆盖范围不同, 高空 RRU 向地面 BBU 发送位置信息的周期也不同。

图 6 为高空 RRU 确定发送位置信息的周期的过程, 包括以下步骤:

601、高空 RRU 接收并存储波束宽度信息。

具体的, 波束宽度信息可以是角度值, 也可以是表示是否为点覆盖信息。

602、高空 RRU 根据波束宽度信息判断波束是否仅覆盖高空 RRU, 如果是, 执行 603, 如果否, 执行 604。

具体的, 如果波束宽度信息是角度值, 高空 RRU 根据角度值计算波束覆盖范围, 判断是点覆盖或是区域覆盖, 具体计算波束覆盖范围方法与步骤 202 中计算波束宽度方法同理, 此处不再赘述。

603、高空 RRU 周期向地面 BBU 发送位置信息。

高空 RRU 周期获取位置信息后, 随即向地面 BBU 发送位置信息。地面 BBU 接收位置信息, 计算波束方向, 控制波束对准高空 RRU, 获取高的天线增益。需要说明的是, 高空 RRU 周期性的向地面 BBU 发送位置信息, 会增加高空 RRU 和地面 BBU 之间的交互信息。

604、高空 RRU 在特定情况下向地面 BBU 发送位置信息。

当波束覆盖高空 RRU 的移动范围, 高空 RRU 周期获取位置信息后, 不需要周期性的向地面 BBU 发送位置信息, 只在特定情况下向高空 RRU 发送位置信息。例如, 高空 RRU 根据位置信息计算位置偏移值, 判断是否大于门限, 如果是, 则向地面 BBU 发送当前位置信息。地面 BBU 可以不需要频繁控制波束方向。

204、地面 BBU 计算链路质量, 向高空 RRU 发送切换控制信息, 自适应切换无线前传链路。

地面 BBU 可包含自由空间光链路和微波链路。高空 RRU 可包含自由空间光链路和微波链路。高空 RRU 可利用无线 CPRI 协议与地面 BBU 通信, 也可利用无线 CPRI 协议与其他高空 RRU 通信。如图 7A 所示, 无线 CPRI 协议包含 2 种物理接口: 无线电传输口, 无线光传输口。具体的, 无线电传输口传输微波信号 (如毫米波), 无线光传输口传输光信号 (如激光)。地面 BBU 与高空 RRU 之间的链路、高空 RRU 与高空 RRU 之间的链路可称为无线前传链路。

若干天气因素对无线前传链路是不利的, 包括雨、雪、雾、霾、沙尘等因素。因为电磁波的波长跟空中颗粒的尺寸比较接近甚至更小时, 会形成较大的吸收衰减。例如, 由于激光通信频率 (200~300THz 左右) 远高于毫米波 (30~300GHz), 所以受环境因素影响更大。激光通信相对于毫米波传输速率更高。如果要获得某一给定的传输速率, 需要的激光通信链路数量比毫米波链路少。例如, 激光通信传输速率可为 10Gbps, 毫米波传输速率可为 2.5Gbps, 为了获得 10Gbps 传输速率的通信链路, 1 条激光链路即可实现, 而毫米波链路需要 4 条。在此情况下, 毫米波链路的功耗高于激光链路的功耗。为了获得更低的功耗, 在不同情况下, 需要自适应选择激光链路或毫米波链路。具体的, 当无线前传链路质量好, 优先采用激光通信进行无线前传, 当无线前传链路质量差, 则采用毫米波通信进行无线前传。无线前传链路的初始状态可以是无线电传输口, 也可以是无线光传输口。

图 7B 为自适应链路切换的过程, 包括以下步骤:

701、地面 BBU 测量无线前传链路质量。

具体的，地面 BBU 可以根据接收数据的误码率来测量无线前传链路质量  $Q_f$ ，例如， $Q_f$  可量化称具体数值，0 至 255，数值越大表示链路质量越好，相反则越差。也可以采用其他方法测量无线前传链路质量，本发明实施例对此不作具体限定。

702、地面 BBU 根据无线前传链路质量判断是否采用自由空间光链路，如果是，执行 703，如果不是，执行 704。

地面 BBU 根据无线前传链路质量  $Q_f$  与门限  $T$  比较，如果无线前传链路质量  $Q_f$  大于门限  $T$ ，说明无线前传链路质量可以满足自由空间光链路的条件，使用自由空间光链路进行无线前传通信；如果无线前传链路质量  $Q_f$  小于等于门限  $T$ ，说明无线前传链路质量不满足自由空间光链路的条件，使用微波链路进行无线前传通信。需要说明的是，门限可以是地面 BBU 预先配置的，也可以是根据情况重新配置的。

703、地面 BBU 与高空 RRU 之间采用自由空间光链路进行无线前传通信。

地面 BBU 向高空 RRU 发送切换控制信息。高空 RRU 接收该切换控制信息，根据该切换控制信息内的指示，采用自由空间光链路进行无线前传通信。并向地面 BBU 发送确认信息。

704、地面 BBU 与高空 RRU 之间采用微波链路进行无线前传通信。

地面 BBU 向高空 RRU 发送切换控制信息。高空 RRU 接收该切换控制信息，根据该切换控制信息内的指示，采用微波链路进行无线前传通信。并向地面 BBU 发送确认信息。

需要说明的是，高空 RRU 也可以测量无线前传链路质量，用于高空 RRU 与高空 RRU 之间的自适应链路切换。

本发明另一实施例中，CPRI 协议中包含多种控制字，用于前传链路的同步和控制管理，控制字的定义如表 1 所示：

表 1

subchannel number $N_s$	purpose of subchannel	$X_s=0$	$X_s=1$	$X_s=2$	$X_s=3$
0	sync&timing	sync byte	HFN	BFN-low	BFN-high
1	slow C&M	slow C&M	slow C&M	slow C&M	slow C&M
2	L1 inband prot.	version	startup	L1-reset-LOS...	pointer p
3	reserved	reserved	reserved	reserved	reserved
4	Ctrl_AxC low Byte	Ctrl_AxC	Ctrl_AxC	Ctrl_AxC	Ctrl_AxC
5	Ctrl_AxC low Byte	Ctrl_AxC	Ctrl_AxC	Ctrl_AxC	Ctrl_AxC
6	Ctrl_AxC high Byte	Ctrl_AxC	Ctrl_AxC	Ctrl_AxC	Ctrl_AxC
7	Ctrl_AxC high Byte	Ctrl_AxC	Ctrl_AxC	Ctrl_AxC	Ctrl_AxC
8	reserved	reserved	reserved	reserved	reserved
...	...	...	...	...	...
15	reserved	reserved	reserved	reserved	reserved
16	vendor specific	vendor specific	vendor specific	vendor specific	vendor specific
...	...	...	...	...	...
p-1	vendor specific	vendor specific	vendor specific	vendor specific	vendor specific
pointer: p	fast C&M	fast C&M	fast C&M	fast C&M	fast C&M
...	...	...	...	...	...
63	fast C&M	fast C&M	fast C&M	fast C&M	fast C&M

其中，vendor specific 可由各个厂商定义。

切换控制信息的内容包括采用无线电传输口传输或采用光传输口传输。举例说明，切换控制信息的配置可如表 2 所示：

表 2

编号 (Z.X.Y)	名称	位宽	取值范围	默认值	描述
Z.16.0	Switch	Bit0	"0"~"1"	"0"	"0": 电传输口传输; "1": 光传输口传输;

其中, Z: 超帧数; X: 超帧里的基本帧数; Y: 每个字里的 byte 数; 其他 bit 位 (如, Bit7~Bit1) 的内容是保留的。

地面 BBU 向高空 RRU 发送 Switch 信息, 如果取值为 "0", 则表示利用微波链路进行无线前传通信; 如果取值为 "1", 则表示利用自由空间光链路进行无线前传通信。高空 RRU 收到 Switch 信息后, 利用相应的链路进行无线前传通信, 并向地面 BBU 发送相同的 Switch 信息, 表示确认。

图 8 是本发明实施例提供的一种高空 RRU 位置范围的边界确定方法流程图。高空 RRU 在平流层不断移动, 会产生多普勒频移, 会影响无线前传链路质量。为了避免影响无线前传的通信质量, 需要对空中 RRU 的位置做出约束, 控制高空 RRU 在位置范围的边界内移动。参见图 8, 该方法包括:

801、地面 BBU 获取高空 RRU 最大移动速率。

高空 RRU 是沿着飞行轨迹飞行, 会存在顺风 and 逆风的情况, 顺风时, 速度大, 逆风时, 速度小。高空 RRU 的移动速度不是恒定的。高空 RRU 周期获取自身位置, 向地面 BBU 发送位置信息。

地面 BBU 接收位置信息。在时间  $t_4$ , 高空 RRU 自身位置  $(x_4, y_4, z_4)$ , 在时间  $t_5$ , 高空 RRU 自身位置  $(x_5, y_5, z_5)$ 。根据下述公式 14 计算这段时间内的平均速率。

$$v = \frac{\sqrt{(x_5 - x_4)^2 + (y_5 - y_4)^2 + (z_5 - z_4)^2}}{t_5 - t_4} \quad (14)$$

在一个或多个飞行周期内, 高空 RRU 计算出多个速度值  $v = [v_1, v_2, \dots, v_n]$ , 获取最大移动速率值  $v_{\max}$ 。需要说明的是, 高空 RRU 也可以计算最大移动速率值, 然后发送给地面 BBU。

802、地面 BBU 计算高空 RRU 位置范围的边界。

举例说明, 无线前传链路允许的最大频偏为  $\Delta f_{\max}$ , 地面 BBU 位置为  $(x_B, y_B, z_B)$ , 高空 RRU 初始位置为  $(x_R, y_R, z_R)$ 。根据下述公式 15 可计算出高空 RRU 的位置范围的边界。

$$\cos \theta = \frac{\sqrt{L^2 - H^2}}{L} < \Delta f_{\max} \cdot \frac{\lambda}{v_{\max}} \quad (15)$$

其中,  $v_{\max}$  为最大移动速率值、 $\lambda$  为波长、 $\theta$  为移动方向与入射波方向的夹角,  $L$  为地面 BBU 与高空 RRU 之间的距离值,  $H$  为地面 BBU 与高空 RRU 之间的垂直高度差值。

803、地面 BBU 确定高空 RRU 的初始位置。

地面 BBU 可根据高空 RRU 位置范围的边界, 确定高空 RRU 的初始位置, 向高空 RRU 发送位置信息。高空 RRU 收到位置信息后, 可根据位置信息移动到指定的位置。

在相同高度下, 高空 RRU 的位置离地面 BBU 越远, 多普勒频移越大。

高空 RRU 的飞行轨迹的中心在地面 BBU 正上方 (或, 高空 RRU 在地面 BBU 正上方), 多普勒频移为零, 此时高空 RRU 的位置为最优。

在另一方面中，地面 BBU 也可以根据需求，重新进行网络规划，更新高空 RRU 的初始位置。

本发明实施例通过以上技术方案，将高空设备和地面设备分开，并且根据高空设备或者地面设备的位置信息，确定波束方向，在所述波束方向上发送波束宽度信息；而所述波束宽度信息用于调整所述高空设备的位置信息发送周期，且，所述波束宽度信息表示的波束宽度越宽，所述自身的位置信息的发送周期越长。这样既能减少地面设备和高空设备的空口交互信息，而且地面设备不需要实时调波束方向，减小地面设备的功耗，提高了地面设备的天线增益高。

图 9 是本发明实施例提供的一种高空设备的装置框图。参照图 9，该高空设备包括信息获取模块 901，发送模块 902，接收模块 903，调整模块 904。另外，可选地，根据图 9 的所示，该高空设备还可以包括，波束方向控制模块 905 和切换模块 906，需要说明的是，这两个模块不是必须地。下面对各个模块进行详细的描述。

信息获取模块 901，对于在波束控制过程中，用于周期性获取高空设备设备的位置信息和姿态信息。信息获取模块 901 可包括例如全球定位系统（Global Positioning System, GPS）、惯性导航系统、各种运动传感器（如，加速度计、磁力计、陀螺仪等）中的一种或者多种。

发送模块 902，用于将所述自身的位置信息发送给所述地面设备；所述无地面设备位于地面网络中，所述高空设备位于所述空中网络中，且覆盖所述地面设备；

可选地，对于在波束控制过程中，发送模块 902 还可以用于向地面设备和其他高空设备发送该高空设备的位置信息。

可选地，所述发送模块还用于在自适应切换链路过程中，向地面设备发送切换控制信息。

可选的，所述发送模块还用于在确定高空设备初始位置过程中，向地面设备发送移动速率信息。

可选的，所述发送模块还用于在波束控制过程中，向地面设备发送新的移动轨迹的中心位置坐标。

接收模块 903，对于在波束控制过程中，用于接收地面设备发送的波束宽度信息。所述波束宽度信息是所示地面设备根据所述位置信息和所述地面设备自身的位置信息计算得到的；

可选地，所述接收模块 903 还用于在自适应切换链路过程中，接收地面设备发送的切换控制信息。

所述接收模块 903 还用于在确定高空设备初始位置过程中，接收地面设备发送的初始位置信息。

可选的，所述接收模块 903 还用于在波束控制过程中，接收地面设备发送的航迹偏离门限值。

调整模块 904，用于根据所述接收模块 903 接收到的波束宽度信息用于调整所述自身位置信息的发送周期，其中，所述波束宽度信息表示的波束宽度越宽，所述自身的位置信息的发送周期越长。。

可选地，如图 9 所示：

波束方向控制模块 905，对于在波束控制过程中，用于根据自身位置信息和地面设备

的位置信息计算波束方向和波束宽度信息。

具体的，根据不同的情况，波束方向控制模块 905 可以包括不同的单元。

在第一种情况中，当高空设备期望波束方向频繁控制时，波束覆盖范围可以仅覆盖地面设备。波束方向控制模块 905 包括：

半径计算模块 90510，用于，根据所述高空设备位置信息，计算所述移动轨迹的半径；

具体地，半径计算模块 90510 可以根据上述 (2) 式，获得高空设备的飞行轨迹的半径  $R$ ；

距离计算模块 90520，用于根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息，计算所述地面设备和所述高空设备之间的距离；

具体地，距离计算模块 90520 可以根据上述 (3) 式计算地面设备与高空设备之间的距离  $L_1$ ；

波束方向计算模块 90530，用于根据距离计算模块 90520 计算的所述地面设备和所述高空设备之间的距离、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向；

具体地，波束方向计算模块 90530 可以根据上述 (4) 式计算波束水平方向角  $\phi$  和垂直方向角  $\varphi$ ；

波束宽度信息计算模块 90540，用于根据距离计算模块 90520 计算的所述地面设备和所述高空设备之间的距离、第二预设值、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息，计算所述波束宽度信息，其中，所述第二预设值大于零并且小于或者等于所述移动轨迹的半径。

具体地，波束宽度信息计算模块 90540，可以根据上述 (5) 式计算波束水平波瓣角  $\theta$ 。根据上述 (6) 式计算波束水平波瓣角  $\psi$ 。

在第二种情况中，当高空设备期望波束方向少量控制时，高空设备需要波束宽度可以包含高空设备的飞行范围。波束方向控制模块包括：

轨迹中心坐标计算单元 9051，用于根据所述高空设备的位置信息，计算所述高空设备的移动轨迹的中心位置坐标；

即，可以根据上述 (1) 式计算高空设备的移动轨迹的中心位置坐标  $(x_0, y_0, z_0)$ ；

方向和宽度计算单元 9052，根据轨迹中心坐标计算单元 9051 计算得到的移动轨迹的中心位置坐标和地面设备的位置信息，计算波束方向和所述波束宽度信息。

可选地，在一个实施例中，方向方向和宽度计算单元 9052 具体包括：

半径计算子单元 90521，用于根据高空设备的位置信息（例如高空设备的多个位置）计算高空设备的飞行轨迹的半径  $R$ ；

距离计算子单元 90522，用于根据所述轨迹中心坐标计算单元 9051 计算的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离；

具体地，距离计算子单元 90522 根据上述 (7) 式计算地面设备与飞行轨迹的中心位置坐标之间的距离  $L$ ；

波束方向计算子单元 90523，用于根据所述距离计算子单元 90522 计算的距离、所述轨迹中心坐标计算单元 9051 计算的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向；

具体地，波束方向计算子单元 90523，可以根据上述 (8) 式计算波束水平方向角  $\phi$  和垂直方向角  $\varphi$ ；

波束宽度信息计算子单元 90523，用于根据所述距离计算子单元 90522 计算的距离、第一预设值、所述轨迹中心坐标计算单元 9051 计算的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息计算所述波束宽度信息，其中，所述第一预设值大于或者等于所述移动轨迹的半径。

具体地，波束宽度信息计算子单元 90523，可以根据上述 (9) 式计算波束水平波瓣角  $\theta$ 。根据上述 (10) 式计算波束水平波瓣角  $\psi$ 。

可选的，所述波束方向控制模块 905 还用于在波束控制过程中，根据高空设备偏离飞行轨迹信息，计算新的移动轨迹的中心位置坐标。

可选的，所述波束方向控制模块 905 还用于在波束控制过程中，根据上述姿态信息补偿波束方向。

可选的，上述高空设备可以为 RRU，上述地面设备可以为 BBU。可选地，当所述地面设备为 BBU 或者云基带处理单元，所述云基带处理单元包括多个 BBU，所述高空设备为 RRU 时，接收模块还用于接收所述地面设备的切换控制命令，其中所述高空设备还包括：

切换模块 906，该模块用于在所述接收模块接收到所述地面设备的切换控制命令后，根据控制命令携带的信息，切换相应接口进行无线前传通信。

本发明实施例通过以上技术方案，将高空设备和地面设备分开，并且根据高空设备或者地面设备的位置信息，确定波束方向，在所述波束方向上发送波束宽度信息；而所述波束宽度信息用于调整所述高空设备的位置信息发送周期，且，所述波束宽度信息表示的波束宽度越宽，所述自身的位置信息的发送周期越长。这样既能减少地面设备和高空设备的空口交互信息，而且地面设备不需要实时调波束方向，减小地面设备的功耗，提高了地面设备的天线增益高。

图 10 是本发明实施例提供的一种地面设备装置框图。参照图 10，该装置包括发送模块 1001，接收模块 1002，控制模块 1003。可选地，如图 10 所示，还可以包括速率获得模块 1004，计算模块 1005，移动控制模块 1006，测量模块 1007，判断模块 1008 和切换指示模块 1009，当然这几个模块不是必须地。

接收模块 1002，对于在波束控制过程中，用于接收高空设备发送的位置信息。

所述接收模块 1002 还用于在自适应切换链路过程中，接收高空设备发送的切换控制信息。

可选的，所述接收模块 1002 还用于在确定高空设备初始位置中，接收高空设备发送的移动速率信息。

可选的，所述接收模块 1002 还用于在波束控制过程中，接收高空设备发送新的移动轨迹的中心位置坐标。

控制模块 1003，对于在波束控制过程中，用于根据地面设备自身位置信息和接收模块 1002 接收到的高空设备的位置信息计算波束方向和波束宽度信息。

发送模块 1001，用于在所述控制模块 1003 确定的波束方向上向所述高空设备发送波束宽度信息；所述波束宽度信息用于调整所述高空设备的位置信息发送周期

可选地，所述发送模块 1001 还用于在自适应切换链路过程中，向高空设备发送切换

控制信息。

可选地，所述发送模块 1001 还用于在确定高空设备初始位置过程中，向高空设备发送的初始位置信息。

可选地，所述发送模块 1001 还用于在波束控制过程中，向高空设备发送航迹偏离门限值。

在第一种情况中，当地面设备期望的波束覆盖范围仅覆盖高空设备，可获得更高的增益。控制模块 1003 包括：

半径计算模块 10031，用于根据所述高空设备位置信息，计算所述移动轨迹的半径；

具体地，半径计算模块 10031 可以根据上述 (2) 式，获得高空设备的飞行轨迹的半径  $R$ ；

距离计算模块 10032，用于根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息，计算所述地面设备和所述高空设备之间的距离；

具体地，距离计算模块 10032 可以根据上述 (3) 式计算地面设备与高空设备之间的距离  $L_i$ ；

波束方向计算模块 10033，用于根据距离计算模块 10032 计算的所述地面设备和所述高空设备之间的距离、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向；

具体地，波束方向计算模块 10033 可以根据上述 (4) 式计算波束水平方向角  $\phi$  和垂直方向角  $\varphi$ ；

波束宽度信息计算模块 10034，用于根据距离计算模块 10032 计算的所述地面设备和所述高空设备之间的距离、第二预设值、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息，计算所述波束宽度信息，其中，所述第二预设值大于零并且小于或者等于所述移动轨迹的半径。

具体地，波束宽度信息计算模块 10034 可以根据上述 (5) 式计算波束水平波瓣角  $\theta$ 。根据上述 (6) 式计算波束水平波瓣角  $\psi$ 。

在第二种情况中，当地面设备期望的波束覆盖范围可以覆盖高空设备的移动范围，地面设备能够避免频繁控制波束方向。控制模块 1003 包括：

轨迹中心坐标计算单元 100310：用于根据所述高空设备的位置信息，计算所述高空设备的移动轨迹的中心位置坐标；

可选地，轨迹中心坐标计算单元 100310 可以根据上述 (1) 式计算高空设备的移动轨迹的中心位置坐标  $(x_0, y_0, z_0)$ ；

方向和宽度计算单元 100320，根据轨迹中心坐标计算单元 100310 计算得到的移动轨迹的中心位置坐标和地面设备的位置信息，计算波束方向和所述波束宽度信息。

可选地，方向和宽度计算单元 100320 具体包括：

半径计算子单元 100321，用于根据高空设备的位置信息（例如，多个位置）计算高空设备的飞行轨迹的半径  $R$ ；

距离计算子单元 100322，用于根据所述轨迹中心坐标计算单元 100310 计算的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离；

可选地，距离计算子单元 100322 可以根据上述 (7) 式计算地面设备与飞行轨迹的中

心位置坐标之间的距离 $L$ ;

波束方向计算子单元 100323, 用于根据所述距离计算子单元 100322 计算的距离、所述轨迹中心坐标计算单元 100310 计算的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息, 计算所述波束方向;

具体地, 波束方向计算子单元 100323 可以根据上述 (8) 式计算波束水平方向角 $\phi$ 和垂直方向角 $\varphi$ ; 波束水平方向角 $\phi$ 和垂直方向角 $\varphi$ 计算出来后, 波束方向就确定了;

波束宽度信息计算子单元 100324, 用于根据所述距离计算子单元计算的距离 100322、第一预设值、所述轨迹中心坐标计算单元 100310 计算的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息计算所述波束宽度信息, 其中, 所述第一预设值大于或者等于所述移动轨迹的半径;

可选地, 波束宽度信息计算子单元 100324 可以根据上述 (9) 式计算波束水平波瓣角 $\theta$ 。根据上述 (10) 式计算波束水平波瓣角 $\psi$ , 从而得到波束宽度信息。

可选的, 所述控制模块 1003 还用于在波束控制过程中, 根据接收高空设备发送新的移动轨迹的中心位置坐标, 根据上述 (8) 式重新计算波束水平方向角 $\phi$ 和垂直方向角 $\varphi$ 。

可选地, 如图 12 所示, 还包括速率获得模块 1004, 计算模块 1005, 移动控制模块 1006, 测量模块 1007, 判断模块 1008 和切换指示模块 1009, 其中个模块功能描述如下:

速率获得模块 1004, 对于在确定高空设备位置范围的边界过程中, 获得高空设备最大移动速率。速率获得模块 1004 具体包括:

计算单元 10041, 用于用于根据所述接收模块 1002 获得的两个不同时刻的位置信息, 计算在不同时刻的时间差内的平均速率; 具体地, 计算单元 10041 可以根据上述 (14) 式计算在不同时刻的时间差内的平均速率;

速率确定单元 10042, 用于在一个或多个飞行周期内, 根据多个平均速率值, 获得最大移动速率。

计算模块 1005, 用于根据所述速率获得模块 1004 获得的最大移动速率计算所述高空设备的位置范围的边界;

可选地, 对于在确定高空设备位置范围的边界过程中, 计算模块 1005, 可以根据上述 (15) 式计算高空设备的位置范围的边界。

移动控制模块 1006, 对于在确定高空设备位置范围的边界过程中, 用于控制高空设备在计算模块计算得到的位置范围的边界内移动。

测量模块 1007, 对于在无线前传链路切换过程中, 用于测量无线前传链路质量。

判断模块 1008, 对于在无线前传链路切换过程中, 用于根据测量模块测量的链路质量, 判断是否需要进行无线前传链路传输接口的切换。具体包括:

比较单元 10081, 用于将测量模块测量到的无线前传链路质量与门限进行比较;

判断单元 10082, 用于如果无线前传链路质量大于所述门限, 判断使用无线光传输接口进行无线前传通信; 如果无线前传链路质量小于所述门限, 判断与所述高空使用无线电传输接口接口进行无线前传通信。

切换指示模块 1009, 对于在无线前传链路切换过程中, 用于当判断需要进行切换时, 向高空设备发送切换控制信息以控制无线前传链路进行传输接口的切换。

结合图 1A, 本发明实施例还可以提供一种分布式高空设备通信系统, 所述系统包括高空前端平台设备和地面处理平台设备, 其中:

所述高空前端平台设备包括空中设备和如前面实施例所述的高空设备，所述空中设备携带所述高空设备在空中驻留，所述空中驻留是指在一定范围内移动；

所述地面处理平台设备包括如前面实施例所述的地面设备和天线，其中所述天线和所述地面设备互相配合用于与高空设备通信。

所述地面设备为 BBU、基站或云基带处理单元，所述云基带处理单元包括多个 BBU。所述高空设备为 RRU、直放站或者天线。

本发明实施例通过以上技术方案，将高空设备和地面设备分开，并且根据高空设备或者地面设备的位置信息，确定波束方向，在所述波束方向上发送波束宽度信息；而所述波束宽度信息用于调整所述高空设备的位置信息发送周期，且，所述波束宽度信息表示的波束宽度越宽，所述自身的位置信息的发送周期越长。这样既能减少地面设备和高空设备的空口交互信息，而且地面设备不需要实时调波束方向，减小地面设备的功耗，提高了地面设备的天线增益高。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成，也可以通过程序来指令相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，上述提到的存储介质可以是只读存储器，磁盘或光盘等。

以上所述仅为本发明的较佳实施例，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、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

## 权利要求

1、一种空中和地面间的通信控制方法，所述方法应用于地面网络和至少一层空中网络组成的分层网络中，其特征在于，所述方法包括：

地面设备接收高空设备发送的所述高空设备的位置信息；所述地面设备位于所述地面网络中，所述高空设备位于所述空中网络中，且覆盖所述地面设备；

根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息确定所述地面设备到所述高空设备的波束方向和波束宽度信息；

在所述波束方向上向所述高空设备发送所述波束宽度信息；所述波束宽度信息用于调整所述高空设备的位置信息发送周期。

2、如权利要求 1 所述的通信控制方法，其特征在于，在所述地面设备确定所述地面设备到所述高空设备的波束方向和波束宽度信息之前，所述方法还包括：

所述地面设备获得所述高空设备的最大移动速率；

根据所述最大移动速率计算所述高空设备的位置范围的边界；

控制所述高空设备在所述位置范围的边界内移动。

3、如权利要求 2 所述的通信控制方法，其特征在于，所述地面设备获得所述高空设备的最大移动速率，具体包括：

获得所述高空设备在两个不同时刻的位置信息；

根据两个不同时刻的位置信息，计算在两个不同时刻的时间差内的平均速率；

在所述高空设备的一个或多个飞行周期内，将平均速率值最大的时间段内的平均速率作为最大移动速率。

4、如权利要求 3 所述的通信控制方法，其特征在于，所述根据所述最大移动速率计算所述高空设备的位置范围的边界，具体为：

根据所述最大移动速率、所述地面设备和所述高空设备之间的无线链路允许的最大频偏以及波束的波长计算所述高空设备的位置范围的边界。

5、如权利要求 1-4 任一项所述的通信控制方法，其特征在于，所述根据地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息确定到所述高空设备的波束方向和波束宽度信息，包括：

根据所述高空设备的位置信息，计算所述高空设备的移动轨迹的中心位置坐标；

根据所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向和所述波束宽度信息。

6、如权利要求 5 所述的通信控制方法，其特征在于，根据所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向和所述波束宽度信息，包括：

根据所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离；

根据所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离、所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向；

根据所述高空设备位置信息，计算所述移动轨迹的半径；

根据所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离、第一预设值、所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息计算所述波束宽度信息，其中，所述第一预

设值大于或者等于所述移动轨迹的半径。

7、如权利要求 1-4 任一项所述的通信控制方法，其特征在于，所述根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息确定波束方向和波束宽度信息，包括：

根据所述高空设备位置信息，计算所述移动轨迹的半径；

根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息，计算所述地面设备和所述高空设备之间的距离；

根据所述地面设备和所述高空设备之间的距离、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向；

根据所述地面设备和所述高空设备之间的距离、第二预设值、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息，计算所述波束宽度信息，其中，所述第二预设值大于零并且小于或者等于所述移动轨迹的半径。

8、如权利要求 1-7 任一项所述的通信控制方法，其特征在于，所述地面设备为 BBU、基站或者云基带处理单元；所述云基带处理单元包括多个 BBU。

9、如权利要求 1-7 任一项所述的通信控制方法，其特征在于，所述高空设备为 RRU、直放站或者天线。

10、如权利要求 1 所述的通信控制方法，其特征在于，当所述地面设备为 BBU 或云基带处理单元，所述云基带处理单元包括多个 BBU，所述高空设备为 RRU 时，所述方法还包括：

所述地面设备测量无线前传链路质量；所述无线前传链路为所述地面设备和所述高空设备之间的无线通信链路；

根据所述链路质量，判断是否需要无线前传链路传输接口的切换；

当判断需要进行切换时，向所述高空设备发送切换控制信息以控制无线前传链路进行传输接口的切换。

11、如权利要求 10 所述的通信控制方法，其特征在于，所述根据所述链路质量，判断是否需要无线前传链路切换，包括：

所述地面设备将所述无线前传链路质量与门限进行比较；

如果所述无线前传链路质量大于所述门限，判断与所述高空设备之间使用无线光传输接口进行无线前传通信；如果所述无线前传链路质量小于所述门限，判断与所述高空设备之间使用无线电传输接口进行无线前传通信。

12、如权利要求 11 所述的通信控制方法，其特征在于，所述当判断需要进行切换时，向所述高空设备发送切换控制信息，控制无线前传链路进行切换，包括：

当判断与所述高空设备之间使用无线光传输接口进行无线前传通信时，所述地面设备向所述高空设备发送切换控制信息，指示所述高空设备采用无线光传输接口进行无线前传通信；

当判断与所述高空设备之间使用无线电传输接口进行无线前传通信时，所述地面设备向所述高空设备发送切换控制信息，指示所述高空设备采用无线电传输接口进行无线前传通信。

13、一种空中和地面间的通信控制方法，所述方法应用于地面网络和至少一层空中网络组成的分层网络中，其特征在于，所述方法包括：

高空设备周期性获取自身的位置信息；

将所述自身的位置信息发送给地面设备；所述地面设备位于地面网络中，所述高空设备位于所述空中网络中，且覆盖所述地面设备；

接收所述地面设备发送的波束宽度信息，所述波束宽度信息是所述地面设备根据接收到的所述高空设备的自身的位置信息和所述地面设备自身的位置信息计算得到的；

根据所述波束宽度信息调整所述自身的位置信息的发送周期，其中，所述波束宽度信息表示的波束宽度越宽，所述自身的位置信息的发送周期越长。

14、如权利要求 13 所述的通信控制方法，其特征在于，在所述将所述自身的位置信息发送给地面设备之前，还包括：

根据所述自身的位置信息和所述地面设备的位置信息确定所述高空设备到所述地面设备的波束方向和波束宽度信息；其中，所述地面设备的位置信息为预先配置给所述高空设备的；所述波束宽度信息指示的波束宽度至少覆盖所述地面设备；

其中，所述将所述自身的位置信息发送给地面设备具体为：

在所述波束方向上将所述自身的位置信息发送给地面设备。

15、如权利要求 13 所述的通信控制方法，其特征在于，所述根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息确定到所述地面设备的波束方向和波束宽度信息，包括：

根据所述高空设备的位置信息，计算所述高空设备的移动轨迹的中心位置坐标；

根据所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向和所述波束宽度信息。

16、如权利要求 15 所述的通信控制方法，其特征在于，所述根据所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向和所述波束宽度信息，包括：

根据所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离；

根据所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离、所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向；

根据所述高空设备位置信息，计算所述移动轨迹的半径；

根据所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离、第一预设值、所述移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息计算所述波束宽度信息，其中，所述第一预设值大于或者等于所述移动轨迹的半径。

17、如权利要求 14 所述的通信控制方法，其特征在于，根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息确定波束方向和波束宽度信息，包括：

根据所述高空设备位置信息，计算所述移动轨迹的半径；

根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息，计算所述地面设备和所述高空设备之间的距离；

根据所述地面设备和所述高空设备之间的距离、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向；

根据所述地面设备和所述高空设备之间的距离、所述第二预设值、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息，计算所述波束宽度信息，其中，所述第二预设值大于零并且小于或者等于所述移动轨迹的半径。

18、如权利要求 13 所述的通信控制方法，其特征在于，当所述地面设备为 BBU 或者

云基带处理单元，所述云基带处理单元包括多个 BBU，所述高空设备为 RRU 时，所述方法还包括：

接收所述地面设备的切换控制命令，根据控制命令携带的信息，切换相应接口进行无线前传通信。

19、一种地面设备，所述地面设备应用于地面网络和至少一层空中网络组成的分层网络中，所述地面设备用于控制空中和地面间的通信，其特征在于，所述地面设备包括：

接收模块，用于接收高空设备发送的所述高空设备的位置信息；所述地面设备位于地面网络中，所述高空设备位于所述空中网络中，且覆盖所述地面设备；

控制模块，用于根据地面设备的位置信息和所述接收模块接收到的位置信息确定所述地面设备到所述高空设备的波束方向和波束宽度信息；

发送模块，用于在所述控制模块确定的波束方向上向所述高空设备发送波束宽度信息；所述波束宽度信息用于调整所述高空设备的位置信息发送周期。

20、如权利要求 19 所述的地面设备，其特征在于，所述地面设备还包括：

速率获得模块，用于获得所述高空设备的最大移动速率；

计算模块，用于根据所述速率获得模块获得的最大移动速率计算所述高空设备的位置范围的边界；

移动控制模块，用于控制所述高空设备在所述计算模块计算得到的位置范围的边界内移动。

21、如权利要求 20 所述的地面设备，其特征在于，所述速率获得模块具体包括：

计算单元，用于根据所述接收模块获得的两个不同时刻的位置信息，计算在不同时刻的时间差内的平均速率；

速率确定单元，用于在一个或多个飞行周期内，将所述计算单元计算得到的平均速率值最大的那时间段内的平均速率作为最大移动速率。

22、如权利要求 20 所述的地面设备，其特征在于，所述计算模块具体用于：

根据所述最大移动速率、地面设备与高空设备所述无线链路允许的最大频偏以及波束的波长计算所述高空设备的位置范围的边界。

23、如权利要求 19 所述的地面设备，其特征在于，所述控制模块包括：

轨迹中心坐标计算单元，用于根据所述高空设备的位置信息，计算所述高空设备的移动轨迹的中心位置坐标；

方向和宽度计算单元，用于根据所述轨迹中心坐标计算单元计算得到的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向和所述波束宽度信息。

24、如权利要求 23 所述的地面设备，其特征在于，所述方向和宽度计算单元包括：

距离计算子单元，用于根据所述轨迹中心坐标计算单元计算的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离；

波束方向计算子单元，用于根据所述距离计算子单元计算的距离、所述轨迹中心坐标计算单元计算的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向；

半径计算子单元，用于根据所述高空设备位置信息，计算所述移动轨迹的半径；

波束宽度信息计算子单元，用于根据所述距离计算子单元计算的距离、第一预设值、

所述轨迹中心坐标计算单元计算的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息计算所述波束宽度信息，其中，所述第一预设值大于或者等于所述移动轨迹的半径。

25、如权利要求 19 所述的地面设备，其特征在于，所述控制模块包括：

半径计算模块，用于根据所述高空设备位置信息，计算所述移动轨迹的半径；

距离计算模块，用于根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息，计算所述地面设备和所述高空设备之间的距离；

波束方向计算模块，用于根据距离计算模块计算的所述地面设备和所述高空设备之间的距离、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向；

波束宽度信息计算模块，用于根据距离计算模块计算的所述地面设备和所述高空设备之间的距离、第二预设值、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息，计算所述波束宽度信息，其中，所述第二预设值大于零并且小于或者等于所述移动轨迹的半径。

26、如权利要求 19-25 任一项所述的地面设备，其特征在于，所述地面设备为 BBU、基站或者云基带处理单元；所述云基带处理单元包括多个 BBU；所述高空设备为 RRU、直放站或者天线。

27、如权利要求 19 所述的地面设备，其特征在于，当所述地面设备为 BBU 或者云基带处理单元，所述云基带处理单元包括多个 BBU，所述平台还包括：

测量模块，用于测量无线前传链路质量；所述无线前传链路为所述地面设备和所述高空设备之间的无线通信链路；

判断模块，用于根据所述测量模块测量的链路质量，判断是否需要进行无线前传链路传输接口的切换；

切换指示模块，用于当判断需要进行切换时，向所述高空设备发送切换控制信息以控制无线前传链路进行传输接口的切换。

28、如权利要求 27 所述的地面设备，其特征在于，所述判断模块包括：

比较单元，用于将所述测量模块测量到的无线前传链路质量与门限进行比较；

判断单元，用于如果所述比较单元的结果为所述无线前传链路质量大于所述门限，判断与所述高空设备之间使用无线光传输接口进行无线前传通信；如果所述比较单元的结果为所述无线前传链路质量小于所述门限，判断与所述高空设备之间使用无线电传输接口进行无线前传通信。

29、一种高空设备，所述高空设备应用于地面网络和至少一层空中网络组成的分层网络中，所述高空设备用于控制空中和地面间的通信，其特征在于，所述高空设备包括：

信息获取模块，用于周期性获取所述高空设备自身位置信息；

发送模块，用于将所述自身的位置信息发送给所述地面设备；所述无地面设备位于地面网络中，所述高空设备位于所述空中网络中，且覆盖所述地面设备；

接收模块，用于接收所述地面设备发送的波束宽度信息，所述波束宽度信息是所述地面设备根据所述位置信息和所述地面设备自身的位置信息计算得到的；

调整模块，用于根据所述接收模块接收到的波束宽度信息用于调整所述自身位置信息的发送周期，其中，所述波束宽度信息表示的波束宽度越宽，所述自身的位置信息的发送周期越长。

30、如权利要求 29 所述的高空设备，其特征在于，所述高空设备还包括：

波束方向控制模块，用于根据所述信息获取模块获取的自身的位置信息和所述地面设

备的位置信息确定所述高空设备到所述地面设备的波束方向和波束宽度信息，其中，所述地面设备的位置信息为预先配置给所述高空设备的；

其中，所述发送模块具体用于：

在所述波束方向控制模块确定的波束方向上将所述自身的位置信息发送给所述地面设备。

31、如权利要求 29 所述的高空设备，其特征在于，所述波束方向控制模块包括：

轨迹中心坐标计算单元，用于根据所述高空设备的位置信息，计算所述高空设备的移动轨迹的中心位置坐标；

方向和宽度计算单元，用于根据所述轨迹计算单元计算得到的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向和所述波束宽度信息。

32、如权利要求 31 所述的地面设备，其特征在于，所述方向和宽度计算单元包括：

距离计算子单元，用于根据所述轨迹中心坐标计算单元计算的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述地面设备和所述移动轨迹的中心位置之间的距离；

波束方向计算子单元，用于根据所述距离计算子单元计算的距离、所述轨迹中心坐标计算单元计算的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向；

半径计算子单元，用于根据所述高空设备位置信息，计算所述移动轨迹的半径；

波束宽度信息计算子单元，用于根据所述距离计算子单元计算的距离、第一预设值、所述轨迹中心坐标计算单元计算的移动轨迹的中心位置坐标和所述地面设备的位置信息计算所述波束宽度信息，其中，所述第一预设值大于或者等于所述移动轨迹的半径。

33、如权利要求 29 所述的地面设备，其特征在于，所述波束方向控制模块包括：

半径计算模块，用于根据所述高空设备位置信息，计算所述移动轨迹的半径；

距离计算模块，用于根据所述地面设备的位置信息和所述高空设备的位置信息，计算所述地面设备和所述高空设备之间的距离；

波束方向计算模块，用于根据距离计算模块计算的所述地面设备和所述高空设备之间的距离、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息，计算所述波束方向；

波束宽度信息计算模块，用于根据距离计算模块计算的所述地面设备和所述高空设备之间的距离、第二预设值、所述高空设备的位置信息和所述地面设备的位置信息，计算所述波束宽度信息，其中，所述第二预设值大于零并且小于或者等于所述移动轨迹的半径。

34、如权利要求 29 所述的高空设备，其特征在于，当所述地面设备为 BBU 或者云基带处理单元，所述云基带处理单元包括多个 BBU，所述高空设备为 RRU 时，接收模块还用于接收所述地面设备的切换控制命令，其中所述高空设备还包括：

切换模块，用于在所述接收模块接收到所述地面设备的切换控制命令后，根据控制命令携带的信息，切换相应接口进行无线前传通信。

35、一种分布式高空设备通信系统，其特征在于，所述系统包括高空前端平台设备和地面处理平台设备，其中：

所述高空前端平台设备包括空中设备和如权利要求 29 至 34 任一项所述的高空设备，所述空中设备携带所述高空设备在空中驻留，所述空中驻留是指在一定范围内移动；

所述地面处理平台设备包括如权利要求 19-28 任一项所述的地面设备和天线，其中所

述天线和所述地面设备互相配合用于与高空设备通信。

36、如权利要求 35 所述的通信系统，其特征在于，所述高空前端平台设备为多个，所述地面处理平台设备为一个，所述高空前端平台设备和所述地面处理平台设备组成星行拓扑结构，所述多个高空前端平台设备分别和所述地面处理平台设备进行无线通信。

37、如权利要求 35 所述的通信系统，其特征在于，所述高空前端平台设备为多个且和所述地面处理平台设备数量相等，每个高空前端平台设备唯一对应一个地面处理平台设备进行无线通信。

38、如权利要求 35 所述的通信系统，其特征在于，所述高空前端平台设备为多个且组成链式拓扑结构，所述地面处理平台设备为一个，其中一个高空前端平台设备和所述地面处理平台设备进行无线通信，其它高空前端平台设备通过中继链路和所述一个高空前端平台设备进行无线通信。

39、如权利要求 35 所述的通信系统，其特征在于，所述高空前端平台设备为多个，所述地面处理平台设备为两个，所述高空前端平台设备和所述地面处理平台设备组成环行拓扑结构，其中两个高空前端平台设备分别和两个地面处理平台设备进行无线通信，其它高空前端平台设备通过中继链路和所述一个高空前端平台设备进行无线通信。

40、如权利要求 35 所述的通信系统，其特征在于，所述地面设备为 BBU、基站或云基带处理单元，所述云基带处理单元包括多个 BBU。

41、如权利要求 35 所述的通信系统，其特征在于，所述高空设备为 RRU、直放站或者天线。

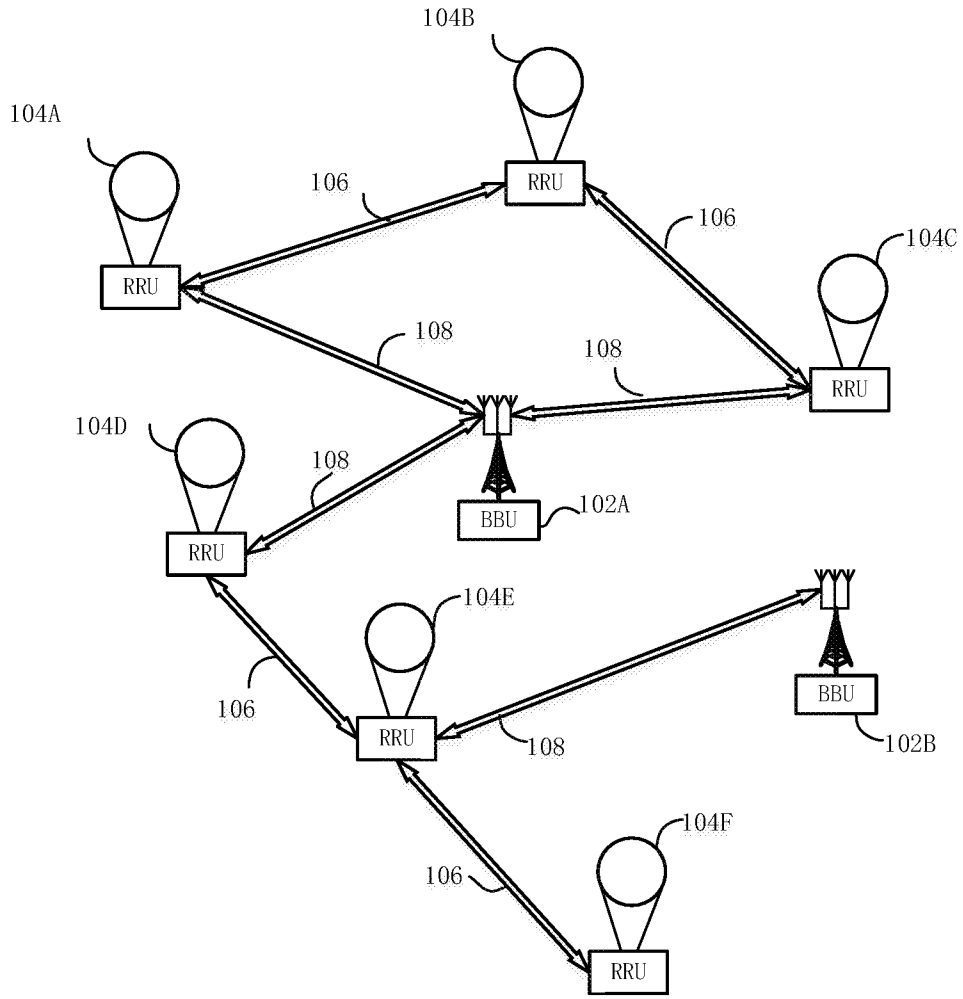


图 1A

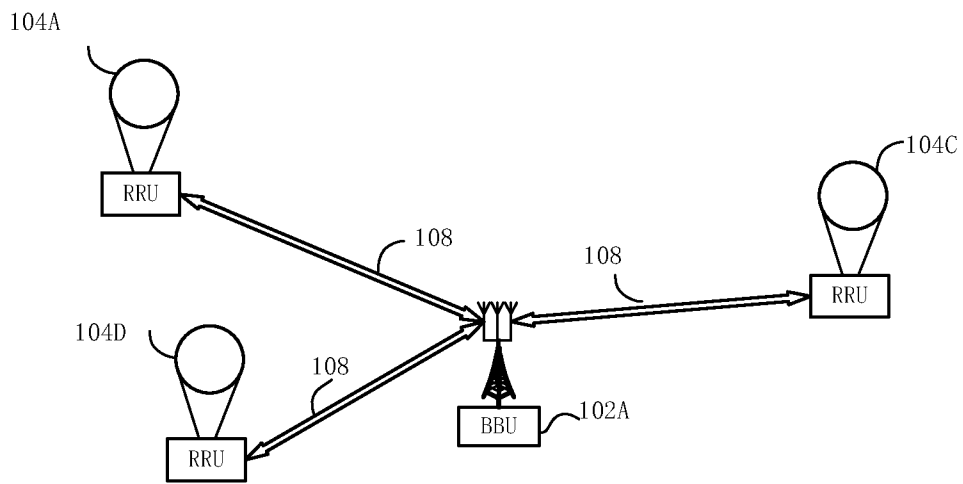


图 1B

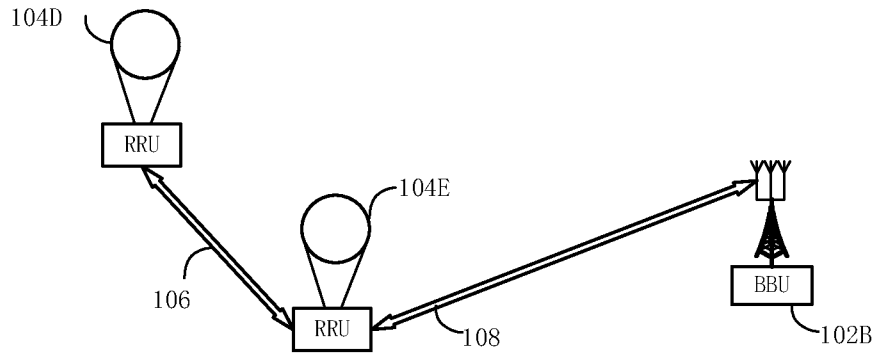


图 1C

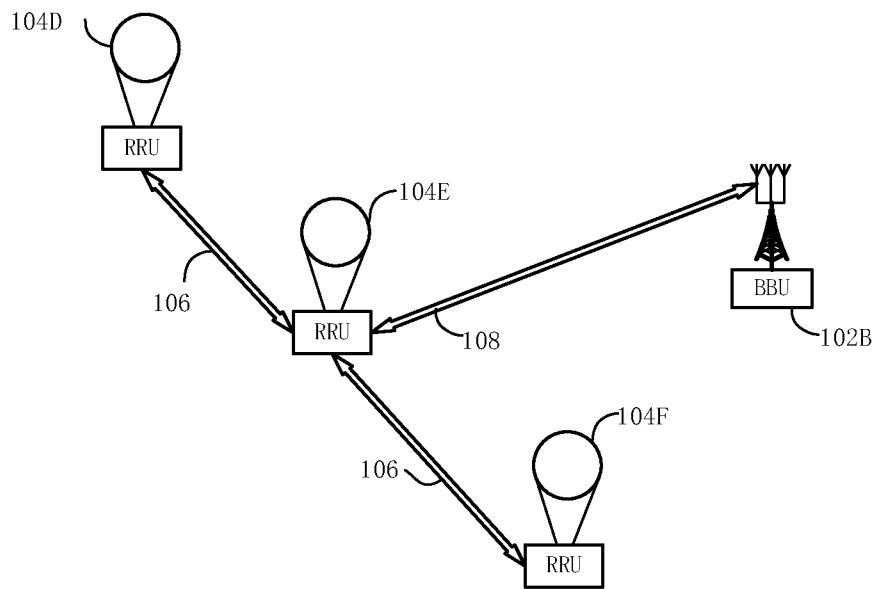


图 1D

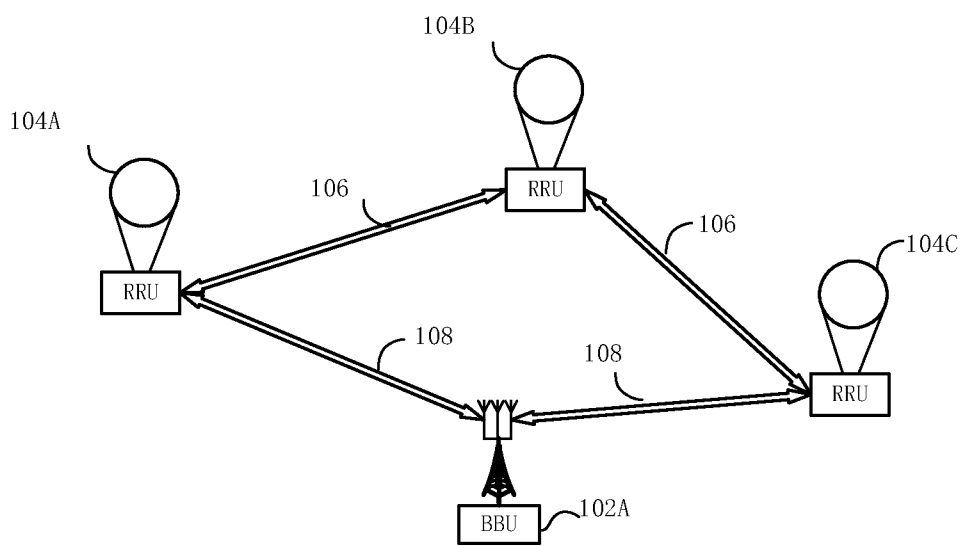


图 1E

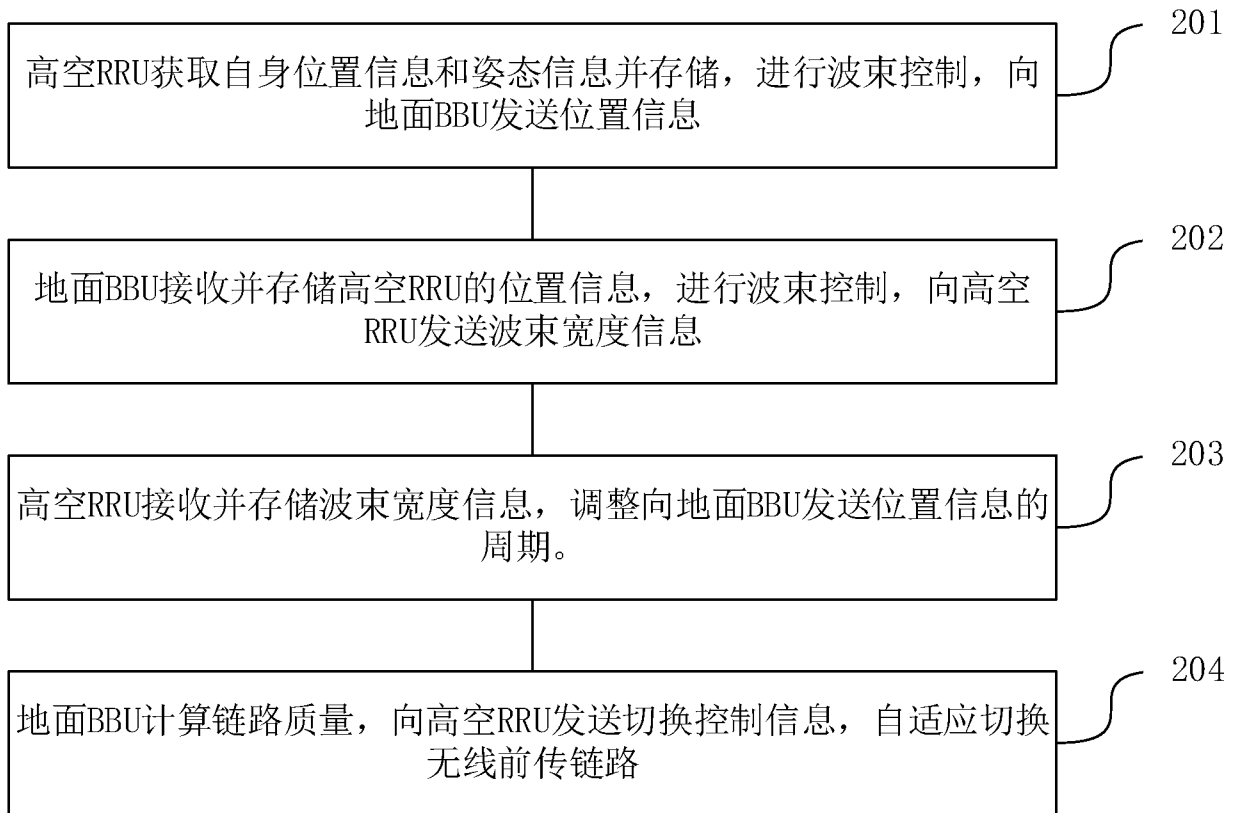


图 2

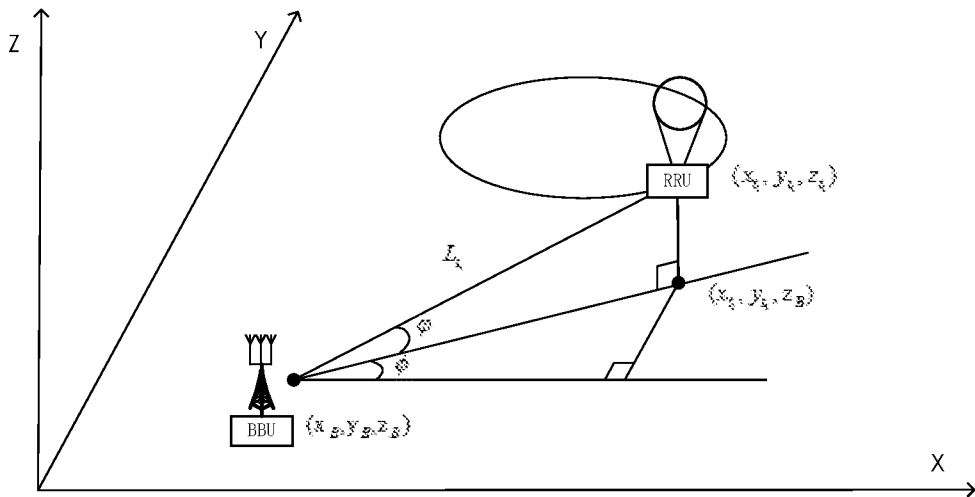


图 3A

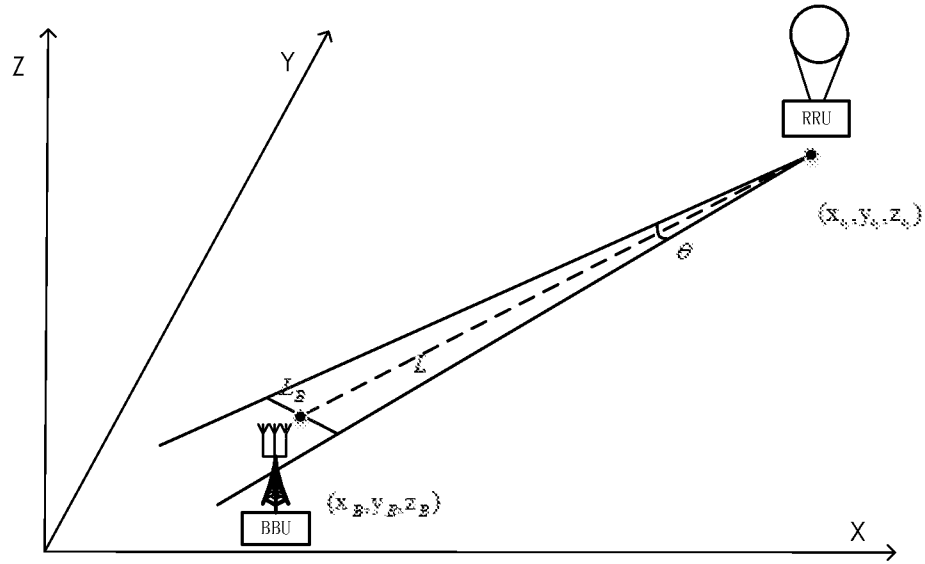


图 3B

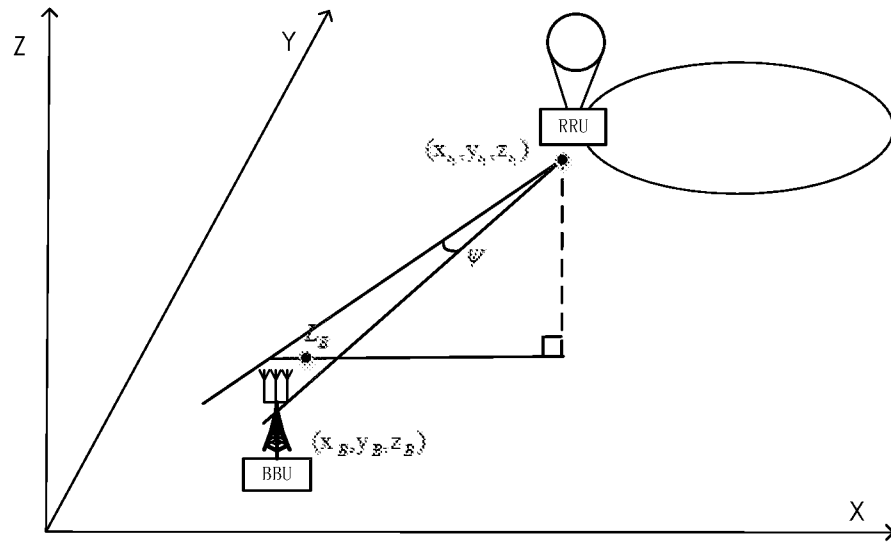


图 3C

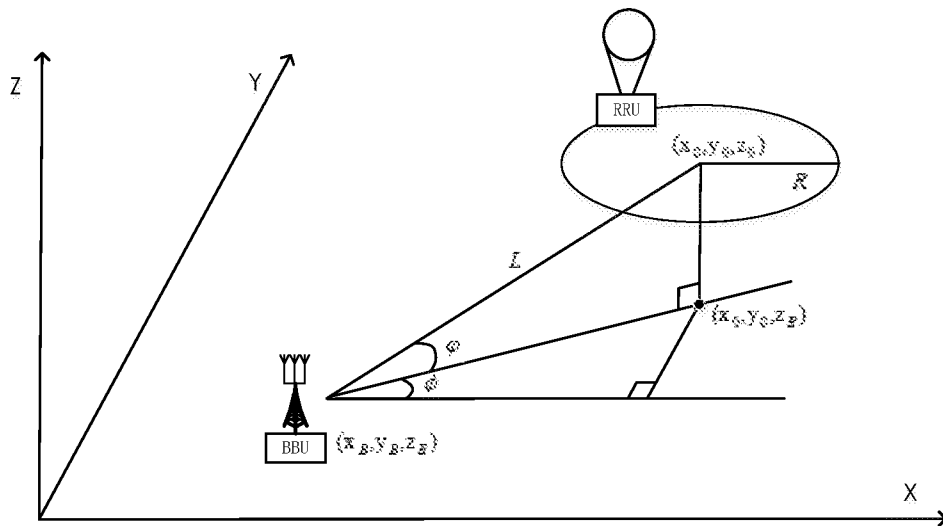


图 3D

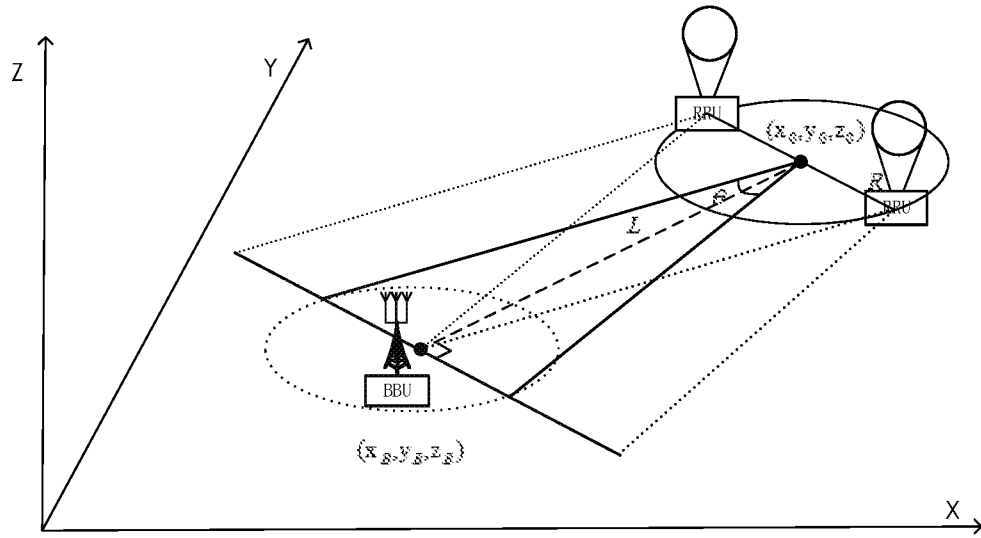


图 3E

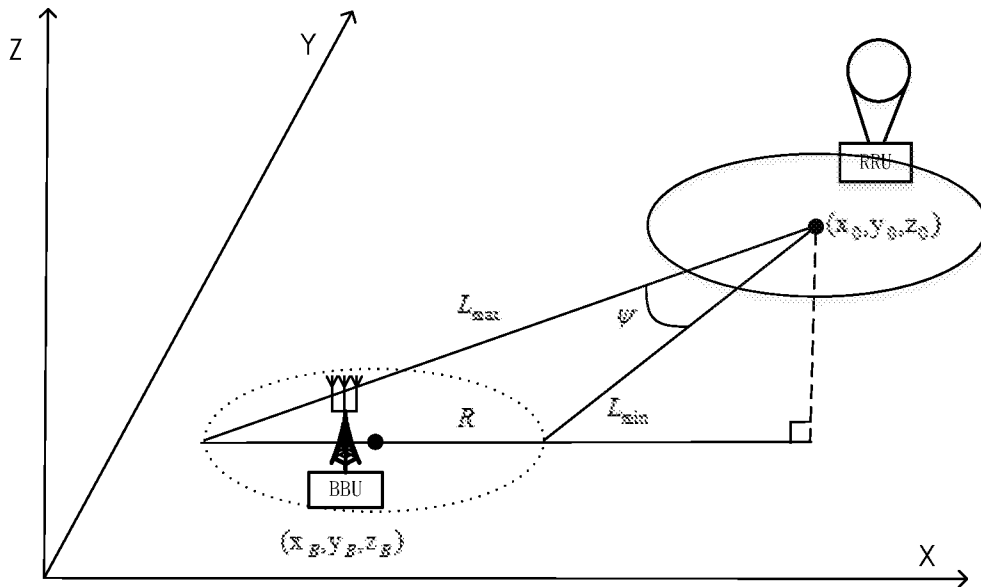


图 3F

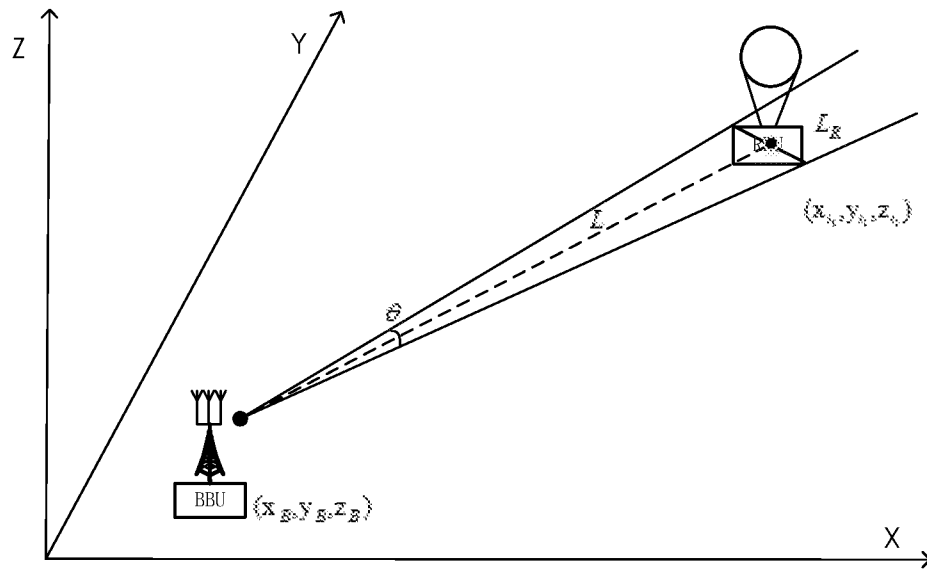


图 4A

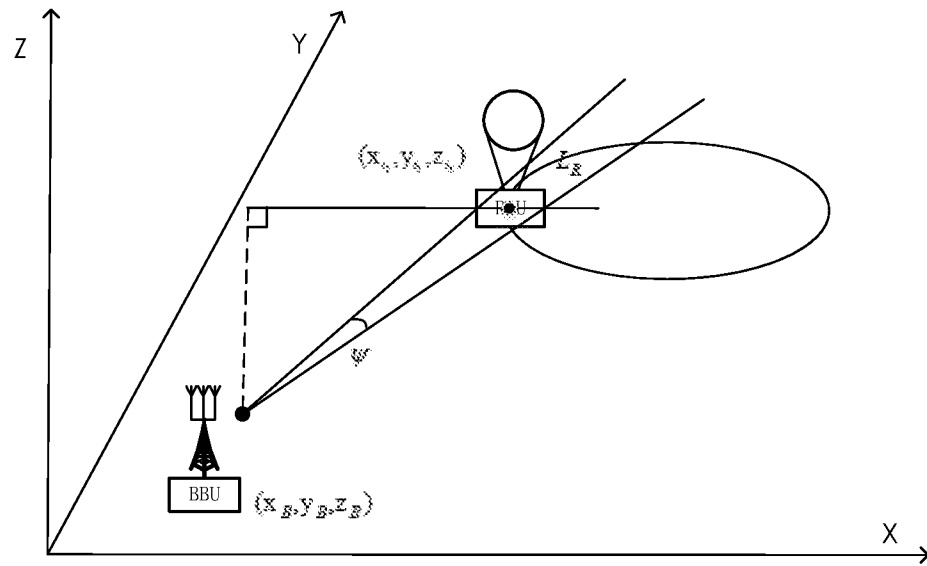


图 4B

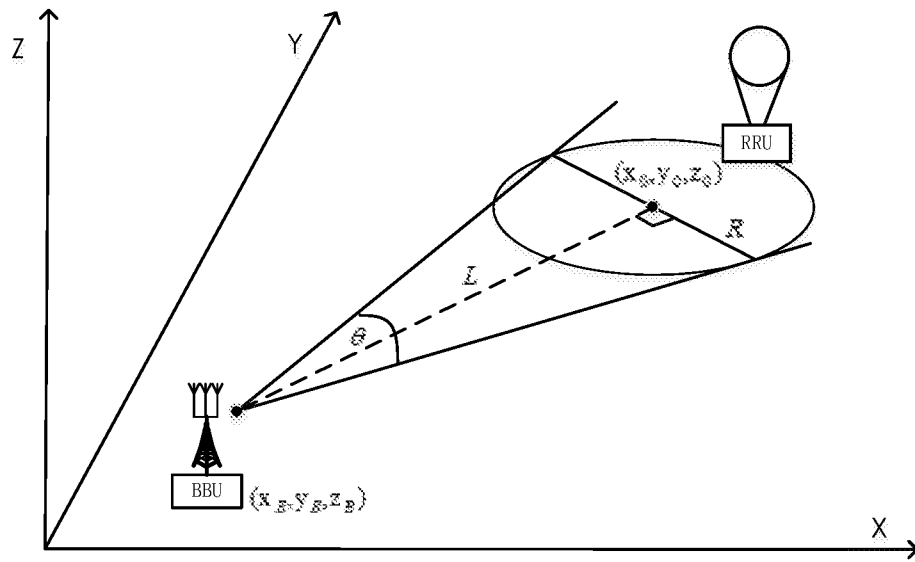


图 4C

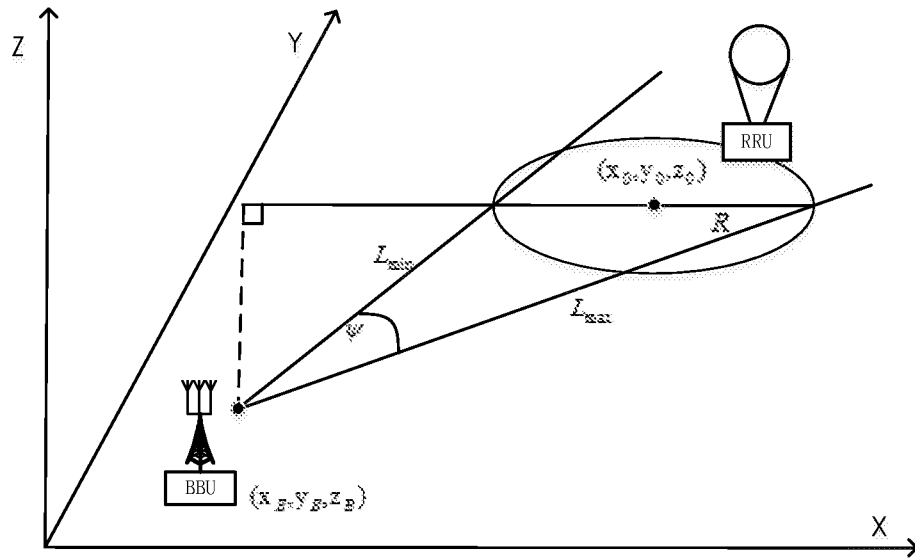


图 4D

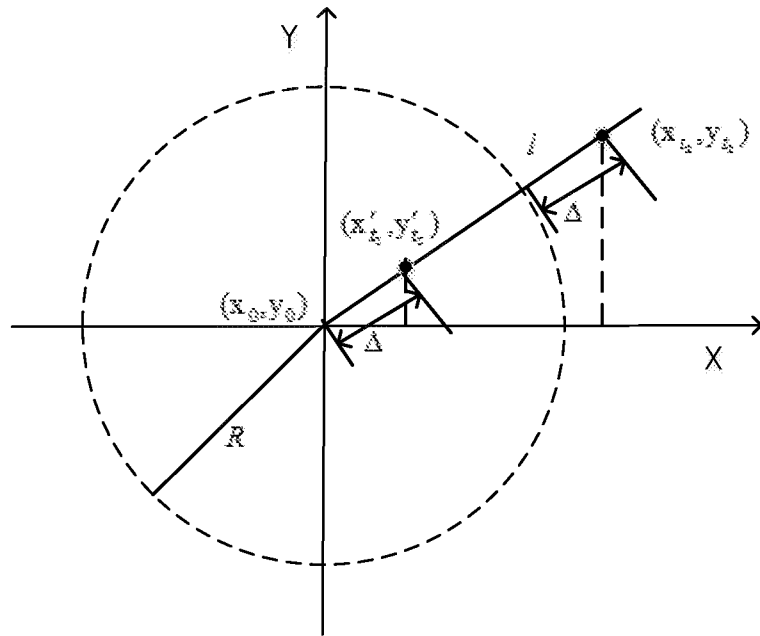


图 5

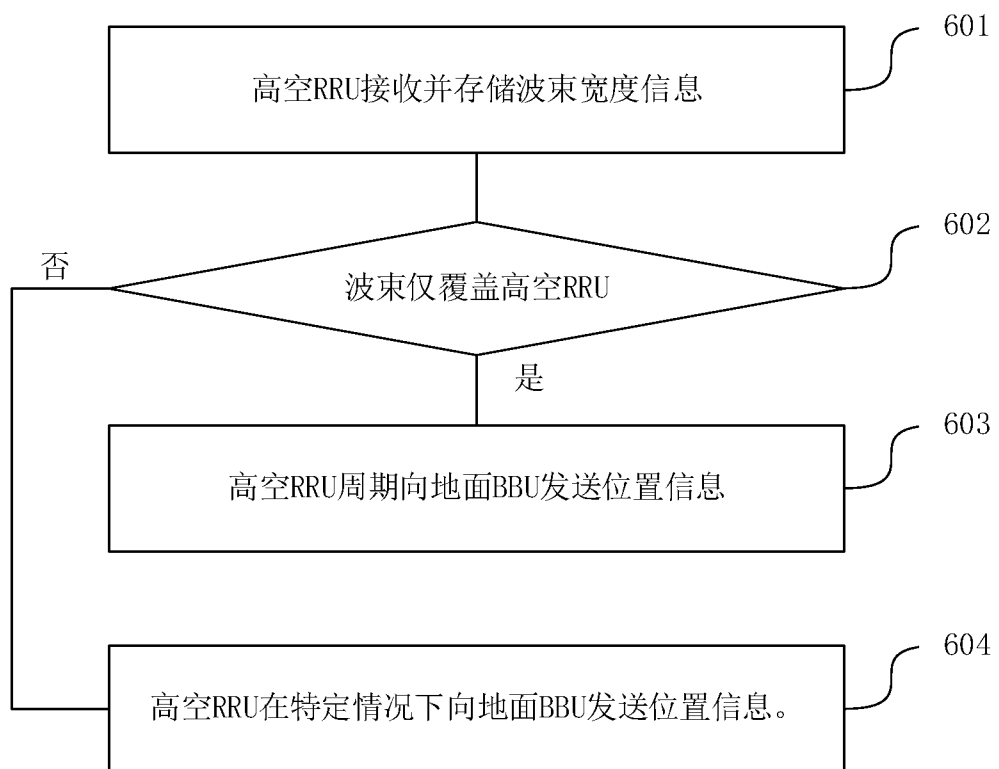


图 6



图 7A

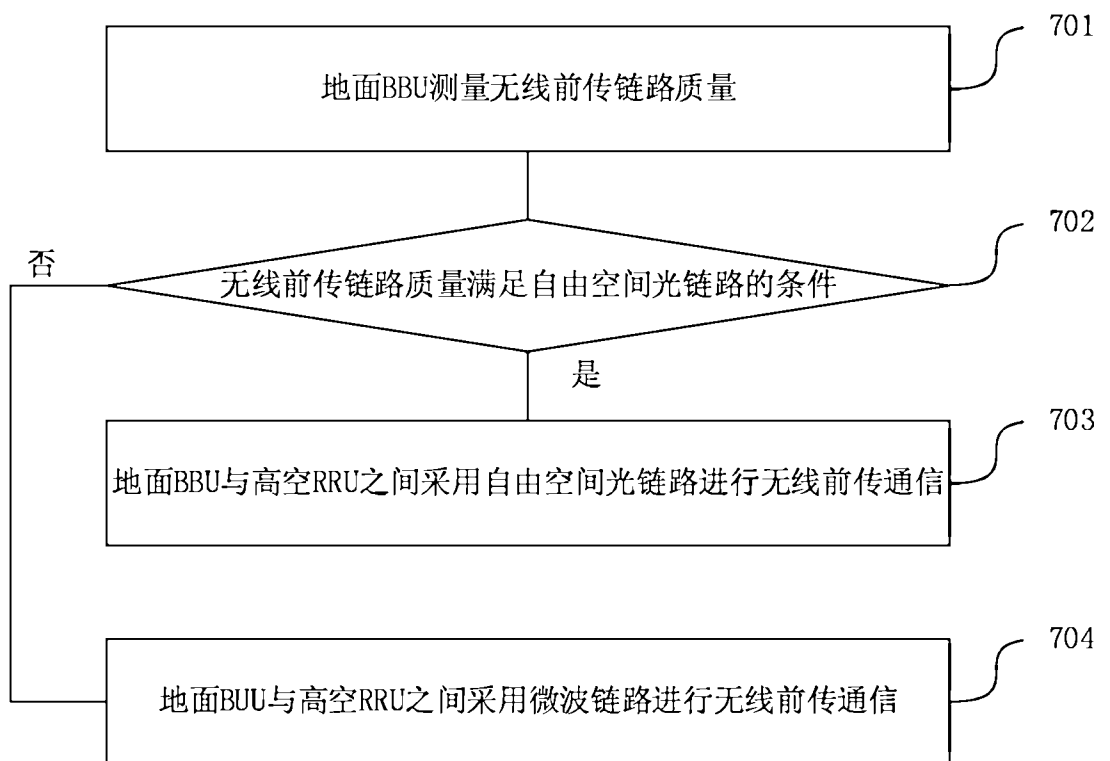


图 7B

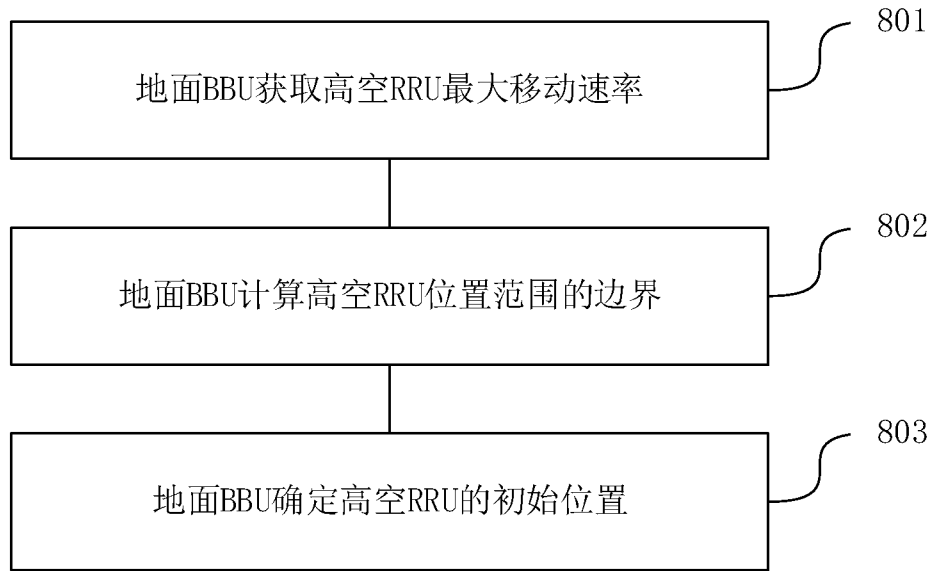


图 8

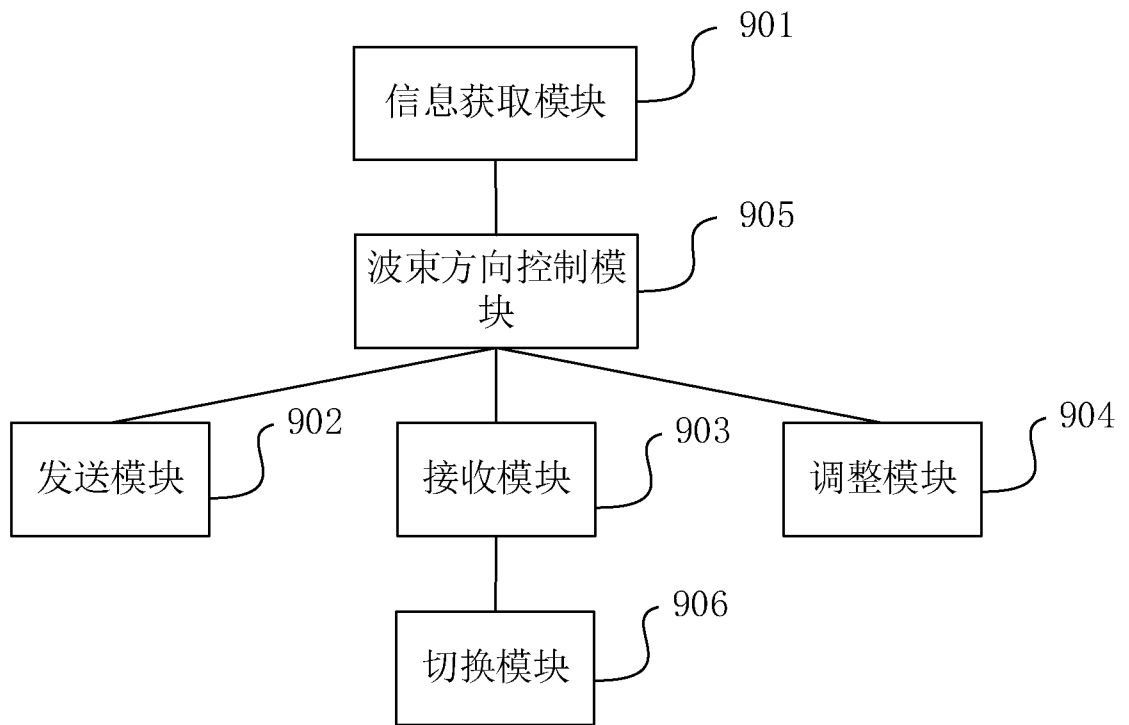


图 9

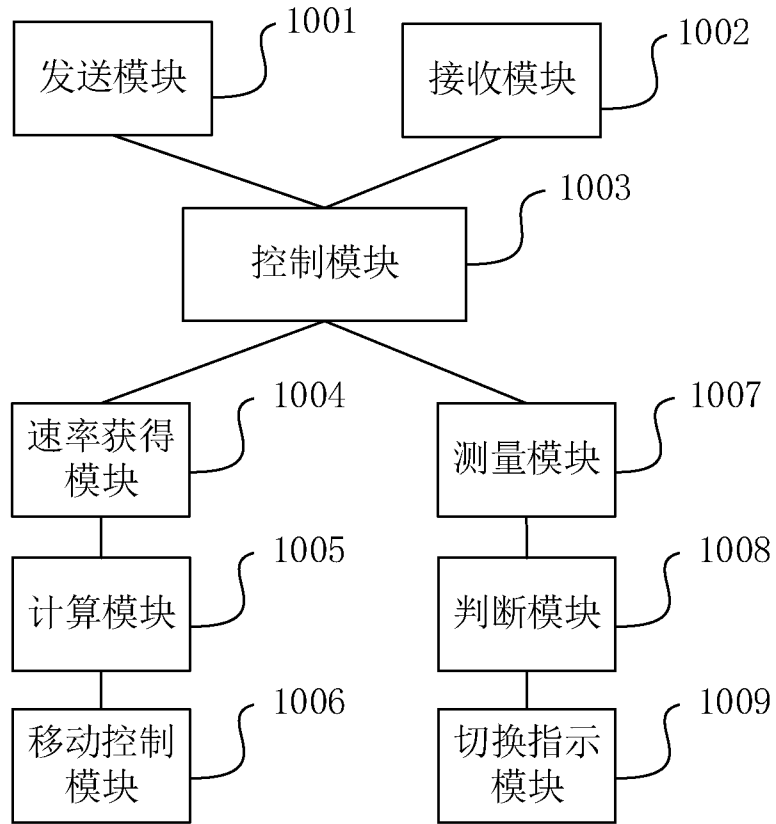


图 10

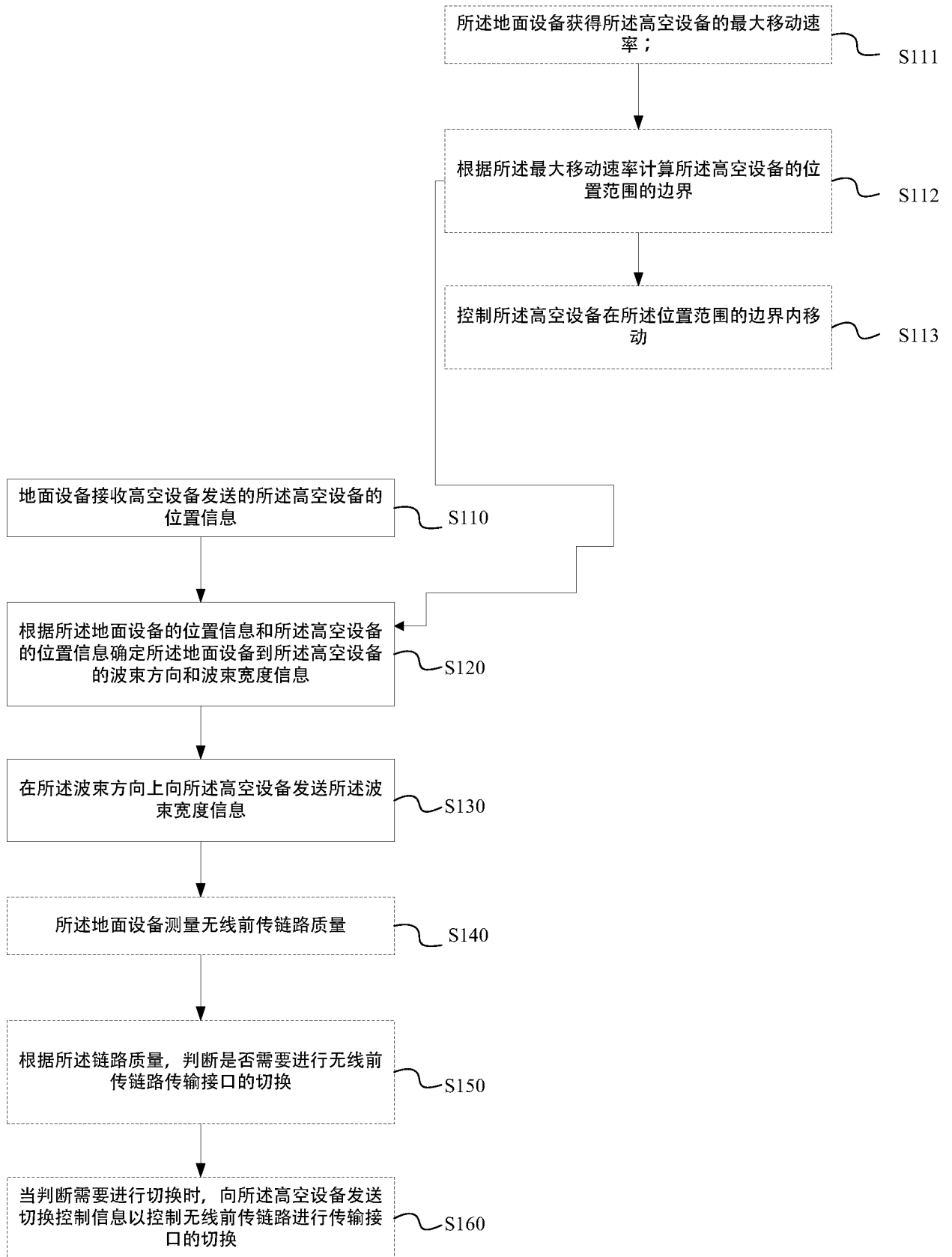


图 11

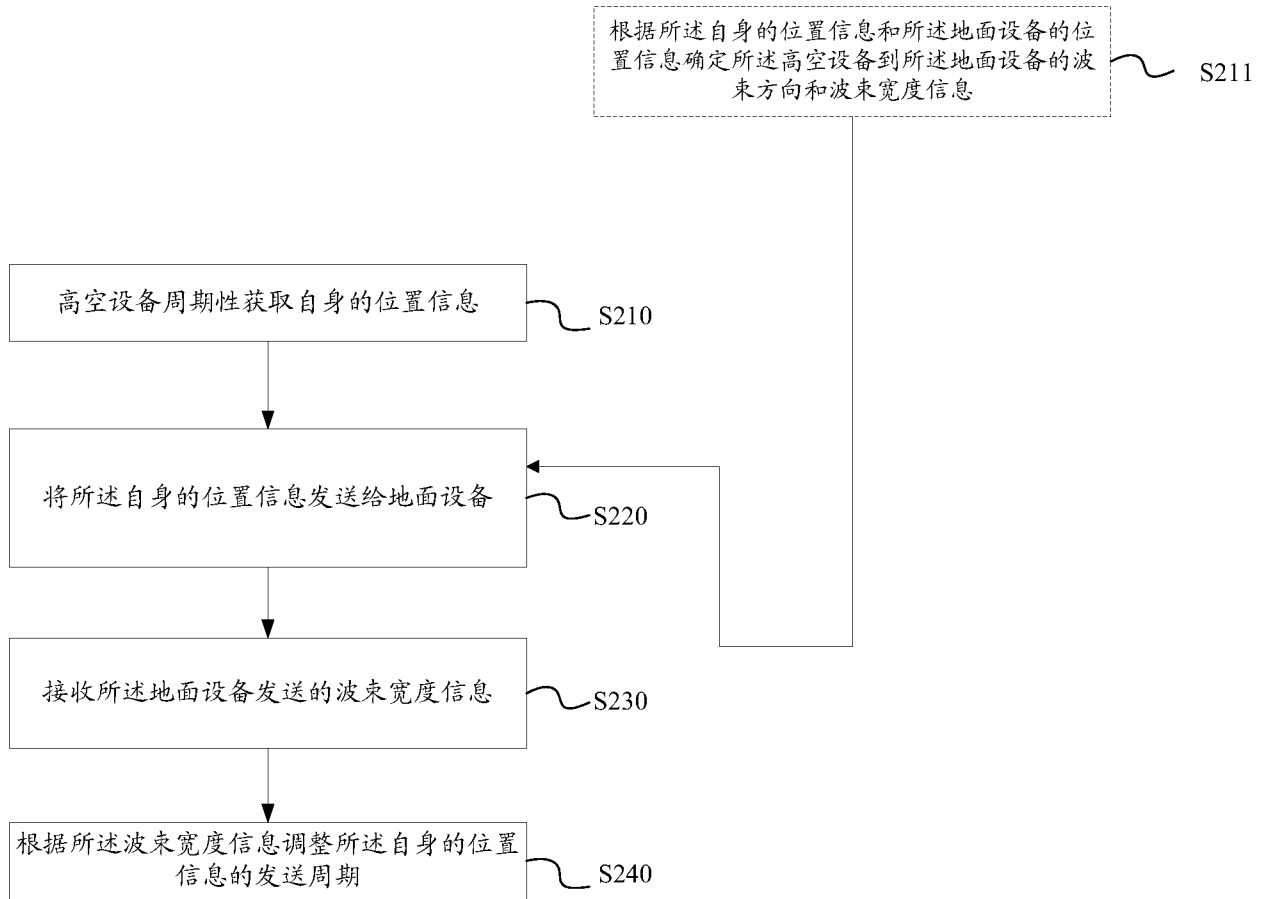


图 12

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2017/119109

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/185 (2006.01) i; H04B 7/155 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI; CNPAT; WPI; EPODOC: 位置, 宽度, 发送, 平台, 基站, 高空, 空中, 周期, 方向, 波束, 时间, period, width, ground, orientation, BS, relay, aspect, stratosphere, project, altitude, high, loon, cycle, position, high-altitude, beam, platform, location, switch+, google, communicat+, direction

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105917595 A (GOOGLE INC.), 31 August 2016 (31.08.2016), description, paragraphs [0024]-[0031] and [0109]-[0138]	1-41
A	CN 105453340 A (GOOGLE INC.), 30 March 2016 (30.03.2016), entire document	1-41
A	CN 104170284 A (GOOGLE INC.), 26 November 2014 (26.11.2014), entire document	1-41
A	WO 0180356 A2 (AEROVIRONMENT INC.), 25 October 2001 (25.10.2001), entire document	1-41

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>
---	---

<p>Date of the actual completion of the international search</p> <p style="text-align: center;">10 February 2018</p>	<p>Date of mailing of the international search report</p> <p style="text-align: center;">24 February 2018</p>
<p>Name and mailing address of the ISA</p> <p>State Intellectual Property Office of the P. R. China</p> <p>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao</p> <p>Haidian District, Beijing 100088, China</p> <p>Facsimile No. (86-10) 62019451</p>	<p>Authorized officer</p> <p style="text-align: center;">HU, Ruixian</p> <p>Telephone No. (86-10) 010-53961749</p>

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2017/119109

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105917595 A	31 August 2016	AU 2014367088 A1	09 June 2016
		US 2016226573 A1	04 August 2016
		US 9847828 B2	19 December 2017
		AU 2014367088 B2	25 May 2017
		WO 2015094534 A1	25 June 2015
CN 105453340 A	30 March 2016	EP 2994958 A4	04 January 2017
		AU 2014263065 A1	19 November 2015
		US 9093754 B2	28 July 2015
		US 9484625 B2	01 November 2016
		WO 2014182450 A1	13 November 2014
		EP 2994958 A1	16 March 2016
		AU 2014263065 B2	18 August 2016
		CA 2911509 A1	13 November 2014
		US 2014333491 A1	13 November 2014
		US 2015318604 A1	05 November 2015
CN 104170284 A	26 November 2014	CN 104170284 B	08 March 2017
		CA 2859400 A1	18 July 2013
		AU 2013208217 B2	19 February 2015
		US 9306668 B2	05 April 2016
		US 8634974 B2	21 January 2014
		US 2016182140 A1	23 June 2016
		CA 2859400 C	14 March 2017
		EP 2803148 A1	19 November 2014
		WO 2013106283 A1	18 July 2013
		US 2014099122 A1	10 April 2014
		EP 2803148 A4	07 October 2015
		US 2013179008 A1	11 July 2013
		AU 2013208217 A1	22 May 2014
		RU 2002129589 A	10 March 2004
		MX PA02009655 A	30 July 2004
WO 0180356 A2	25 October 2001	WO 0180356 A3	07 February 2002
		KR 20030016248 A	26 February 2003
		BR 0110300 A	30 December 2003
		EP 1277253 A2	22 January 2003
		AU 5537401 A	30 October 2001
		CA 2403777 A1	25 October 2001
		CN 1422447 A	04 June 2003
		JP 2003531543 A	21 October 2003

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/119109

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>H04B 7/185(2006.01)i; H04B 7/155(2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																	
<p><b>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H04B</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNKI; CNPAT; WPI; EPODOC: 位置, 宽度, 发送, 平台, 基站, 高空, 空中, 周期, 方向, 波束, 时间, period, width, ground, orientation, BS, relay, aspect, stratosphere, project, altitude, high, loon, cycle, position, high-altitude, beam, platform, location, switch+, google, communicat+, direction</p>																	
<p><b>C. 相关文件</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 105917595 A (谷歌公司) 2016年 8月 31日 (2016 - 08 - 31) 说明书第[0024]-[0031]、[0109]-[0138]段</td> <td>1-41</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105453340 A (谷歌公司) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 全文</td> <td>1-41</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104170284 A (谷歌公司) 2014年 11月 26日 (2014 - 11 - 26) 全文</td> <td>1-41</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 0180356 A2 (AEROVIRONMENT INC.) 2001年 10月 25日 (2001 - 10 - 25) 全文</td> <td>1-41</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 105917595 A (谷歌公司) 2016年 8月 31日 (2016 - 08 - 31) 说明书第[0024]-[0031]、[0109]-[0138]段	1-41	A	CN 105453340 A (谷歌公司) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 全文	1-41	A	CN 104170284 A (谷歌公司) 2014年 11月 26日 (2014 - 11 - 26) 全文	1-41	A	WO 0180356 A2 (AEROVIRONMENT INC.) 2001年 10月 25日 (2001 - 10 - 25) 全文	1-41
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
A	CN 105917595 A (谷歌公司) 2016年 8月 31日 (2016 - 08 - 31) 说明书第[0024]-[0031]、[0109]-[0138]段	1-41															
A	CN 105453340 A (谷歌公司) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 全文	1-41															
A	CN 104170284 A (谷歌公司) 2014年 11月 26日 (2014 - 11 - 26) 全文	1-41															
A	WO 0180356 A2 (AEROVIRONMENT INC.) 2001年 10月 25日 (2001 - 10 - 25) 全文	1-41															
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																	
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&amp;” 同族专利的文件</p>																	
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2018年 2月 10日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2018年 2月 24日</p>															
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>受权官员</p> <p>胡锐先</p> <p>电话号码 (86-10)010-53961749</p>															

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/119109

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105917595	A	2016年 8月 31日	AU	2014367088	A1	2016年 6月 9日
				US	2016226573	A1	2016年 8月 4日
				US	9847828	B2	2017年 12月 19日
				AU	2014367088	B2	2017年 5月 25日
				WO	2015094534	A1	2015年 6月 25日
CN	105453340	A	2016年 3月 30日	EP	2994958	A4	2017年 1月 4日
				AU	2014263065	A1	2015年 11月 19日
				US	9093754	B2	2015年 7月 28日
				US	9484625	B2	2016年 11月 1日
				WO	2014182450	A1	2014年 11月 13日
				EP	2994958	A1	2016年 3月 16日
				AU	2014263065	B2	2016年 8月 18日
				CA	2911509	A1	2014年 11月 13日
				US	2014333491	A1	2014年 11月 13日
				US	2015318604	A1	2015年 11月 5日
CN	104170284	A	2014年 11月 26日	CN	104170284	B	2017年 3月 8日
				CA	2859400	A1	2013年 7月 18日
				AU	2013208217	B2	2015年 2月 19日
				US	9306668	B2	2016年 4月 5日
				US	8634974	B2	2014年 1月 21日
				US	2016182140	A1	2016年 6月 23日
				CA	2859400	C	2017年 3月 14日
				EP	2803148	A1	2014年 11月 19日
				WO	2013106283	A1	2013年 7月 18日
				US	2014099122	A1	2014年 4月 10日
				EP	2803148	A4	2015年 10月 7日
				US	2013179008	A1	2013年 7月 11日
				AU	2013208217	A1	2014年 5月 22日
WO	0180356	A2	2001年 10月 25日	RU	2002129589	A	2004年 3月 10日
				MX	PA02009655	A	2004年 7月 30日
				WO	0180356	A3	2002年 2月 7日
				KR	20030016248	A	2003年 2月 26日
				BR	0110300	A	2003年 12月 30日
				EP	1277253	A2	2003年 1月 22日
				AU	5537401	A	2001年 10月 30日
				CA	2403777	A1	2001年 10月 25日
				CN	1422447	A	2003年 6月 4日
				JP	2003531543	A	2003年 10月 21日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)