

## (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  
2017 年 6 月 15 日 (15.06.2017)



(10) 国际公布号  
WO 2017/096540 A1

- (51) 国际专利分类号:  
H04W 40/22 (2009.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/096737
- (22) 国际申请日: 2015 年 12 月 8 日 (08.12.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 深圳大学 (SHENZHEN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国广东省深圳南山南海大道 3688 号信息工程学院 8 楼, 谢宁, Guangdong 518060 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (71) 申请人: 谢宁 (XIE, Ning) [CN/CN]; 中国广东省深圳南山南海大道 3688 号信息工程学院 8 楼, Guangdong 518060 (CN)。 陈敬坤 (CHEN, Jingkun) [CN/CN]; 中国广东省深圳南山南海大道 3688 号信息工程学院 8 楼, Guangdong 518060 (CN)。 王晖 (WANG, Hui) [CN/CN]; 中国广东省深圳南山南海大道 3688 号信息工程学院 8 楼, Guangdong 518060

(CN)。 林晓辉 (LIN, Xiaohui) [CN/CN]; 中国广东省深圳南山南海大道 3688 号信息工程学院 8 楼, Guangdong 518060 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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,

[见续页]

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR SEEKING OPTIMAL RELAY POSITION BASED ON CONTINUOUS NEGATIVE FEEDBACK VARIABLE STEP LENGTH

(54) 发明名称: 基于连续负反馈变步长的最佳中继位置搜寻方法及系统

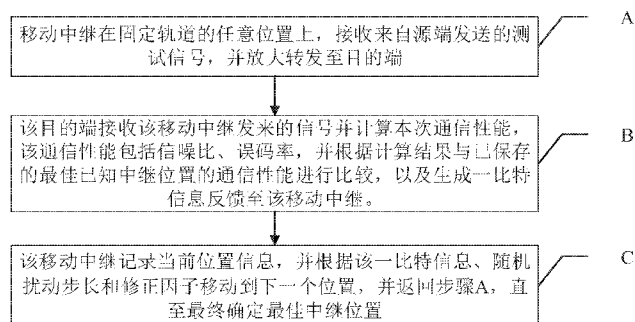


图 2

- A A mobile relay receiving a test signal sent from a source end at any position of a fixed track, and amplifying and forwarding same to a destination end
- B The destination end receiving the signal sent from the mobile relay and calculating the performance of the present communication, wherein the communication performance comprises a signal-to-noise ratio and a bit error rate, comparing a calculation result with communication performance of a saved optimal known relay position, and generating bit information to feed same back to the mobile relay
- C The mobile relay recording current position information, moving to the next position according to the bit information, a random disturbance step length and a correction factor, and returning to step A until an optimal relay position is finally determined

(57) Abstract: Provided are a method and system for seeking an optimal relay position based on a continuous negative feedback variable step length. The method comprises: a mobile relay amplifying a received signal sent by a source end and forwarding same to a destination end, so that the destination end compares communication performance strength of the test signal with communication performance strength of a saved known optimal relay position and feeds the comparison result back to the mobile relay by using bit information, and the mobile relay calculating a random disturbance step length and a correction factor according to the bit information, thus determining the next relay position, moving to the next relay position, and re-executing the step of receiving the test signal which is sent by the source end and is used to test communication performance until an optimal relay position is determined. By means of the method, the performance of relay communication can be improved, without the need to obtain position information about a source end and a destination end, multiple antennas are not required, only the destination end is required to feed back bit information to a mobile relay to seek control, and an optimal relay position point can still be determined within a predetermined trajectory range, which expands the range of applicability.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2017/096540 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **本国际公布:**

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。  
TG)。

本发明提供了基于连续负反馈变步长的最佳中继位置搜寻方法及系统，该方法包括：移动中继将接收到的源端发送的信号放大转发给目的端，使得目的端将该测试信号的通信性能强度与保存的已知最佳中继位置的通信性能强度进行对比，并将该对比结果用一比特信息反馈给移动中继，移动中继根据这一比特信息，计算随机扰动步长及修正因子，由此确定下一个中继位置，并移动到该下一个中继位置，再次执行接收源端发送的用于测试通信性能的测试信号的步骤，直至确定最佳中继位置。该方法可提高中继通信的性能，且无需获得源端和目的端的位置信息，无需多天线，且只需要目的端反馈一比特信息给移动中继进行搜寻控制，依然可在预定轨迹范围内确定最佳中继位置点，扩大了适用范围。

## 基于连续负反馈变步长的最佳中继位置搜寻方法及系统

### 技术领域

本发明涉及通信技术领域，尤其涉及基于连续负反馈变步长的最佳中继位置搜寻方法及系统。

### 背景技术

通信中继可以用来转发不同的节点之间发出的信息，扩大了通信范围，提高了通信系统的性能。

陆地无线电通信容易被障碍物遮挡和屏蔽，飞机、卫星及无人机（UVAs）可以充当通信中继，因为机载中继可以在崎岖的山区或者市区有效地为需要互相通信的双方建立起连接。这些年来，使用无人机作为通信中继的问题已经吸引不少学者的关注和研究，同时其应用也十分广泛。

现有的应用于无人机中继位置搜寻的算法主要有：利用 GPS 测量地面通信单元的位置信息并被无人机利用搜寻最佳中继位置；基于扰动的极值搜索控制算法，基于机载多天线的算法等等。现有的无人机中继位置搜寻算法，在各自的基础上都可以使无人机找到最佳的中继位置，但是这些算法或适用范围也存在一定的不足和缺陷，主要体现在：

1、地面通信单元需要利用自身的 GPS 功能测量自己的位置信息并把该信息发送给无人机，依赖 GPS 功能容易受到攻击和干扰而导致位置搜寻失败；

2、对于没有 GPS 功能或者 GPS 设备已损坏的地面通信单元，现有的一些算法是无法使用的，因此，现有的算法的使用受限；

3、机载多天线相比于单天线增加了无人机的复杂性，且不可避免的会有角度估计误差，同时也增加了算法的复杂性。

### 发明内容

本发明实施例提供了一种基于连续负反馈变步长的最佳中继位置搜寻方法

及系统，用于解决现有技术中须获知源端和目的端的位置信息才能够确定中继位置带来的使用受限和误差大等问题。

本发明实施例提供的基于连续负反馈变步长的最佳中继位置搜寻方法，包括：

步骤 A，移动中继在固定轨道的任意位置上，接收来自源端发送的测试信号，并放大转发至目的端；

步骤 B，所述目的端接收所述移动中继发来的信号并计算本次通信性能，所述通信性能包括：信噪比和误码率，并根据计算结果与已保存的已知最佳中继位置的通信性能进行比较，以及生成一比特信息反馈至所述移动中继，所述一比特信息表示当前通信性能与已保存的已知最佳中继位置的通信性能的比较结果，所述已知最佳中继位置为已测试的通信性能最好的位置；

步骤 C，所述移动中继记录当前位置信息，并根据所述一比特信息及随机扰动步长和修正因子移动到下一个位置，并返回步骤 A，直至最终确定最佳中继位置，所述最佳中继位置为：在预设的搜寻时长内通信性能最好的位置，或者，所述移动中继移动完整个所述固定轨道时通信性能最好的位置，或者，所述通信性能满足系统设定要求的位置。

本发明实施例提供的基于连续负反馈变步长的最佳中继位置搜寻系统，包括：

所述搜寻系统包括移动中继、源端和目的端；

其中，所述移动中继在固定轨道的任意位置上，接收来自所述源端发送的测试信号，并放大转发至所述目的端；

所述目的端接收所述移动中继发来的信号并计算本次通信性能，所述通信性能包括：信噪比和误码率，并根据计算结果与已保存的已知最佳中继位置的通信性能进行比较，以及生成一比特信息反馈至所述移动中继，所述一比特信息表示当前通信性能与已保存的已知最佳中继位置的通信性能的比较结果，所述已知最佳中继位置为已测试的通信性能最好的位置；

所述移动中继记录当前位置信息，并根据所述一比特信息、随机扰动步长和修正因子移动到下一个位置，并再次执行接收来自所述源端发送的测试信号，并放大转发至所述目的端的步骤，直至最终确定最佳中继位置，所述最佳中继位置为：在预设的搜寻时长内通信性能最好的位置，或者，所述移动中继移动完整个所述固定轨道时通信性能最好的位置，或者，所述通信性能满足系统设定要求的位置。

从以上技术方案可以看出，本发明实施例具有以下优点：通过移动中继接收测试信号，并发送给目的端进行当前位置和已知最佳中继位置的通信性能的计算和比较，根据目的端反馈的比较结果以及随机扰动步长和修正因子，移动到下一个中继位置，并返回执行移动中继接收信号的步骤，通过循环上述的过程使得移动中继能够在基于步长不断移动到下一个中继位置的过程中，逐渐接近最佳中继位置，并确定最佳中继位置，该方法可提高中继通信的性能，且无需获得源端和目的端的位置信息，无需多天线，且只需要目的端反馈一比特信息给移动中继进行搜寻控制，依然可在预定轨迹范围内确定最佳中继位置点，扩大了适用范围。

## 附图说明

图 1 为本发明实施例中最佳中继位置确定系统的通信模型的示意图；

图 2 为本发明实施例中基于连续负反馈变步长的移动中继最佳中继位置搜寻方法的流程的一个示意图；

图 3 为本发明实施例中移动中继的移动角度与信号的信噪比的对应关系的仿真图；

图 4 为本发明实施例中时隙数与信噪比的对应关系的仿真图；

图 5 为本发明实施例中以误码率确定最佳中继位置时，移动角度与信噪比之间的对应关系的仿真图；

图 6 为本发明实施例中以误码率确定最佳中继位置时，时隙数与误码率之间的对应关系的仿真图。

图 7 为本发明实施例中基于连续负反馈变步长的移动中继最佳中继位置搜寻系统的结构的示意图。

## 具体实施方式

为更进一步阐述本发明为实现预定发明目的所采取的技术手段及功效，以下结合附图及较佳实施例，对依据本发明的具体实施方式、结构、特征及其功效，详细说明如后。

请参阅图 1，为本发明实施例中最佳中继位置确定系统的通信模型的实施例，包括：源端，移动中继及目的端。

在图 1 中， $R_i$  表示移动中继，S 表示源端，D 表示目的端。

其中，源端和目的端可以是两个不同的地面通信单元，该地面通信单元可以是各种类型的无线通信收发设备，例如可以是手机、终端、基站等等，或者还可以是其他移动中继。

在本发明实施例中，是以源端作为信号发射端，目的端作为信号接收端为例进行描述的，在实际应用中，源端和目的端均可以作为信号发射端和信号接收端。

如图 1 所示，在三维坐标系中移动中继采用的柱坐标系的参数，且其坐标为  $(r, \theta, z)$ ，其中  $r$  为移动中继在  $xoy$  平面上的运动半径，即  $R_i'$ 。O 表示柱坐标的原点。

移动中继运行是有固定轨道的，它沿着预定轨道以  $r$  为半径进行运动，因此，在本发明实施例中，是在以  $r$  为半径构成的圆上寻找移动中继的最佳中继位置。其中， $\theta$  为从正 Z 轴来看自 x 轴逆时针方向转到  $OR_i'$  所转过的角， $z$  则表示移动中继的高度。

在本发明实施例中，移动中继在第  $t$  时隙的坐标为  $(r, \theta(t), z)$ ，在第  $t+1$  时隙的坐标为  $(r, \theta(t+1), z)$ 。

其中，柱坐标系  $(r, \theta, z)$  与空间直角坐标系  $(x, y, z)$  的转换关系如下：

$$\begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = r \sin \theta \\ z = z \end{cases}$$

在第  $t$  时隙, 移动中继  $(r, \theta(t), z)$  离源端  $(x_s, y_s, z_s)$  及目的端  $(x_d, y_d, z_d)$  的通信距离分别是:

$$\begin{cases} d_1 = \sqrt{(r \cos \theta(t), r \sin \theta(t), z) - (x_s, y_s, z_s)} \\ d_2 = \sqrt{(r \cos \theta(t), r \sin \theta(t), z) - (x_d, y_d, z_d)} \end{cases}$$

其中,  $d_1$  表示移动中继与源端之间的通信距离,  $d_2$  表示移动中继与目的端之间的通信距离。

需要说明的是, 三维坐标系中的原点是固定的, 因此, 可以确定移动中继的运动轨迹的半径和高度。下面将详细描述本发明实施例中基于连续负反馈变步长的最佳中继位置搜寻方法的实施例, 请参阅图 2, 包括:

步骤 A、移动中继在固定轨道的任意位置上, 接收来自源端发送的测试信号, 并放大转发至目的端。

在第  $t$  时隙, 源端将向移动中继发送用于测试通信性能的测试信号, 且移动中继在接收到该测试信号之后将对该测试信号进行放大, 并将放大后得到的信号转发给目的端, 需要说明的是, 由于信号在传输过程中存在衰减及噪声, 源端发送的测试信号, 与移动中继接收到的测试信号不是完全一样的, 且移动中继在接收到测试信号之后, 还将对接收到的测试信号进行放大处理, 因此, 移动中继接收到的信号与移动中继发送的信号也不是一样的。

需要说明的是, 在移动中继开始搜寻之前, 移动中继初始化其自身的位置信息。源端向移动中继发送一个测试信号, 移动中继将把接收到的测试信号转发给目的端, 其中该转发的步骤实际包含了对信号的放大及转发, 使得该目的端计算初始通信性能, 并保存为该目的端的初始记录。

其中, 测试信号是用于测试通信性能的信号, 能够帮助移动中继搜寻到最佳中继位置, 可以在该信号中携带用来测试通信性能的数据, 且在移动中继搜寻到最佳中继位置之前, 源端发送的都是测试信号, 只有在移动中继找到最佳

中继位置之后，源端才将发送真正有用的数据。

步骤 B、该目的端接收该移动中继发来的信号并计算本次通信性能，该通信性能包括信噪比、误码率，并根据计算结果与已保存的已知最佳中继位置的通信性能进行比较，以及生成一比特信息反馈至该移动中继。

目的端接收到该信号之后计算本次通信性能，包括计算本次通信的信噪比或误码率，将计算出来的本次通信性能与已保存的已知最佳中继位置的通信性能进行比较，该已知最佳中继位置为已测试的通信性能最好的位置，该已知最佳中继位置的信噪比为在第  $t$  时隙之前目的端已计算得到的所有信号中信噪比的最大值，或者，该已知最佳中继位置的误码率为在第  $t$  时隙之前目的端已计算得到的所有信号中误码率的最小值。

进一步地，根据比较结果生成一比特信息反馈至该移动中继，该一比特信息表示当前通信性能与已保存的已知最佳中继位置的通信性能的比较结果，也即该一比特信息包括源端接收来自移动中继的信号对应的通信性能是否提高的信息，具体地，该一比特信息可以是该目的端接收到的该测试信号的信噪比与该目的端上已保存的最佳已知位置的信噪比的对比结果，也可以是为该目的端接收到的该测试信号的误码率与该目的端上已保存的最佳已知位置的误码率的对比结果。该比较结果可以是当前位置的通信性能优于该已知最佳中继位置的通信性能，也可以是劣于该已知最佳中继位置的通信性能。

该比较结果通过一比特信息的形式发送，例如，可以预先设置比特信息 1 表示当前通信性能比已知最佳中继位置的通信性能有提高，比特信息 0 表示信号的当前通信性能比已知最佳中继位置的通信性能有下降。在实际应用中，还可以通过其他的形式设置比较结果，此处不作限定。

为了更好的理解本发明实施例中的技术方案，下面将以计算通信性能为信噪比为例，详细介绍本发明实施例中源端、移动中继及目的端在通信过程中涉及到的参数，如下：

1) 第一跳通信过程：源端至移动中继；

计算移动中继接收到源端发送的信号相关的以下参数, 包括:

移动中继接收到的信号:  $y_R = x\sqrt{P_S}L_{S,R} + n_1$

平均功率:  $E[|n_1|^2] = N_{01}$

空间自由路径损耗:  $L_{S,R} = \frac{\lambda}{4\pi d_1}$

其中,  $x$  表示源端发射的测试信号,  $P_S$  表示源端的发射功率,  $n_1$  表示第一跳通信的加性高斯白噪声,  $y_R$  表示移动中继接收到的测试信号,  $N_{01}$  表示高斯白噪声  $n_1$  的功率,  $E$  表示求数学期望值,  $L_{S,R}$  表示从源端至移动中继的自由空间路径损耗,  $\lambda$  表示源端发送测试信号使用的波的波长,  $d_1$  表示源端与移动中继之间的距离。

其中,  $d_1$  可以通过移动中继和源端在三维坐标系中的坐标计算得到。

2) 第二跳通信过程: 移动中继至目的端;

计算与目的端接收到的移动中继转发的测试信号有关的以下参数, 包括:

目的端接收到来自移动中继发送的测试信号:

$$\begin{aligned} y_D &= y_R GL_{R,D} + n_2 \\ &= x\sqrt{P_S} GL_{S,R} L_{R,D} + n_1 GL_{R,D} + n_2 \end{aligned}$$

平均功率:  $E[|n_2|^2] = N_{02}$

自由空间路径损耗:  $L_{R,D} = \frac{\lambda}{4\pi d_2}$

$$\text{增益: } G = \sqrt{\frac{P_R}{P_S |L_{S,R}|^2}}$$

其中,  $y_D$  表示目的端接收到的移动中继发送的测试信号,  $x$  表示源端发送的测试信号,  $P_S$  表示源端的发射功率,  $n_1$  表示第一跳通信的加性高斯白噪声,  $E$  表示求数学期望值,  $L_{S,R}$  表示源端至移动中继的自由空间路径损耗,  $\lambda$  表示移动中

继放大转发测试信号使用的波长,  $d_2$  表示移动中继与目的端之间的距离,  $L_{R,D}$  表示移动中继至目的端的自由空间路径损耗,  $G$  表示移动中继给接收到的测试信号的增益, 即中继增益,  $P_R$  表示移动中继的发射功率,  $n_2$  表示移动中继发送接收到的测试信号的过程中的第二跳通信的加性高斯白噪声,  $N_{02}$  表示高斯白噪声  $n_2$  的功率。

其中, 用  $\lambda$  表示移动中继放大转发测试信号使用的波长和源端发送测试信号使用的波长, 是因为移动中继放大转发测试信号使用的波长和源端发送测试信号使用的波长可以是相同的波长。

3) 目的端计算接收到的测试信号的信噪比, 如下:

$$SNR = \frac{P_S G^2 |L_{S,R}|^2 |L_{R,D}|^2}{N_{01} G^2 |L_{R,D}|^2 + N_{02}}$$

其中, SNR 表示目的端接收到的测试信号的信噪比,  $P_S$  表示源端的发射功率,  $G$  表示移动中继给接收到的信号的增益,  $L_{S,R}$  表示从源端至移动中继, 即第一跳通信的自由空间路径损耗,  $L_{R,D}$  表示移动中继至目的端, 即第二跳通信的自由空间路径损耗,  $N_{01}$  表示第一跳通信的高斯白噪声  $n_1$  的功率,  $N_{02}$  表示第二跳高斯白噪声  $n_2$  的功率。

需要说明的是, 虽然移动中继接收到测试信号之后只需要对其进行转发, 但是该测试信号在传输的过程中还是会有衰落及噪声的干扰, 为了确保目的端能够接收到较好的信号, 移动中继将对接收到的测试信号进行放大, 即增加增益  $G$ 。

在本发明实施例中, 目的端可按照上述 3) 的方式计算接收到的测试信号的信噪比。

在未进行最佳中继位置的搜寻之前, 目的端记录的已知最佳中继位置的初始位置是随机给定的, 且信噪比的初始值为初始位置的信噪比。

步骤 C、该移动中继记录当前位置信息, 并根据该一比特信息、随机扰动步

长和修正因子移动到下一个位置，并返回步骤 A，直至最终确定最佳中继位置。

移动中继在接收到目的端发送的包含比较结果的一比特信息之后，根据该比较结果、随机扰动步长和修正因子确定下一个中继位置，且移动到下一个中继位置。在第  $t+1$  时隙时，返回执行步骤 A。移动中继可通过本发明上述描述的循环过程不断搜索最佳中继位置，且在确定最佳中继位置之后，将停止上述循环搜索过程。

随机扰动步长表示移动中继随机扰动的一个步长。

修正因子是用于修正随机扰动步长的参数，使得移动中继移动到下一个中继位置更接近最佳中继位置。

具体地，若该一比特信息表示当前通信性能大于该已知最佳中继位置的通信性能，即当前位置的通信信号的信噪比大于该已知最佳中继位置的通信信号的信噪比，或当前位置的通信误码率小于该已知最佳中继位置的通信误码率，则将当前位置记录为已知最佳中继位置，并随机移动一个扰动步长以移动到下一个中继位置，即根据第一修正因子值和该随机扰动步长确定及移动到下一个中继位置。该第一修正因子值为 0。当前通信性能优于该已知最佳中继位置的通信性能时，修正因子的值是作清零处理的，因此，此时修正因子的值，即第一修正因子值为 0。

若该一比特信息表示当前通信性能小于该已知最佳中继位置的通信性能，即当前位置的通信信号的信噪比小于该已知最佳中继位置的通信信号的信噪比，或当前位置的通信误码率大于该已知最佳中继位置的通信误码率，则该移动中继先返回到上一次的位置，再随机移动一个扰动步长以移动到下一个中继位置，即，根据该随机扰动步长和第二修正因子值确定及移动到下一个中继位置，该第二修正因子的值为上一次随机扰动步长的相反数。当前通信性能小于已知最佳中继位置的通信性能，表明在第  $t$  时隙的位置移动导致信号的性能变差，此种情况下，目的端将不更新已知最佳中继位置及已知最佳中继位置的信噪比，且为了抵消在第  $t$  时隙的位置移动，移动中继将返回在  $t-1$  时隙所处的中

继位置，即，在第  $t$  时隙，将移动中继返回在第  $t-1$  时隙所处的中继位置，同时在确定下一个中继位置时，因为知道在第  $t-1$  时隙增加的随机扰动步长将带来性能变差的后果，则向第  $t-1$  时隙移动的相反方向移动则可避免出现相同的情况，且可能带来通信性能变好的效果，因此，第二修正因子的值为移动中继在第  $t-1$  时隙增加的随机扰动步长的相反数，即若在第  $t-1$  时隙，移动中继增加的随机扰动步长为  $\delta_0$ ，则在第  $t$  时隙，移动中继将增加负  $\delta_0$  的修正步长，若在第  $t-1$  时隙，移动中继增加的随机扰动步长为负  $\delta_0$ ，则在第  $t$  时隙，移动中继将增加  $\delta_0$  的修正步长，该修正步长是指由于通信性能变差，对移动中继要移动的步长所作的增减量。

移动中继记录已知最佳中继位置，该已知最佳中继位置用  $\theta(t)$  表示， $t$  表示时隙数。以  $\varphi(t)$  表示下一时隙的中继位置， $\delta(t)$  表示所述随机扰动步长， $\xi(t)$  表示该修正因子，则： $\varphi(t) = \theta(t) + \delta(t) + \xi(t)$ 。

其中，该随机扰动步长用于表示移动中继一次移动时，在圆周上的移动角度的大小。随机扰动步长为  $\delta(t) = \pm\delta_0$ ，其中  $\delta(t)$  表示该随机扰动步长，且当  $\delta(t) = \delta_0$  时表示移动中继将逆时针方向上移动一个步长  $\delta_0$ ，当  $\delta(t) = -\delta_0$  时，表示移动中继将顺时针方向上移动一个步长  $\delta_0$ ，反之亦然，即也可以设置为当  $\delta(t) = -\delta_0$  时表示移动中继将逆时针方向上移动一个步长  $\delta_0$ ，当  $\delta(t) = \delta_0$  时，表示移动中继将顺时针方向上移动一个步长  $\delta_0$ 。在使用该随机扰动步长时，其正负是随机的，正负代表方向，通过随机扰动步长可确定移动中继是逆时针方向上移动还是顺时针方向上移动。

移动中继中预先设置了随机扰动步长的缩小比例，开始移动中继使用的随机扰动步长是初始给定步长，且在搜索最佳中继位置的过程中，逐渐按照该预置的比例减小扰动步长的绝对值，直到确定最佳中继位置结束搜索。

通过随机扰动步长的设置，使得移动中继能够移动到不同的中继位置，并由目的端计算该移动中继在不同的中继位置时传输的测试信号的信噪比或误码率，并将计算结果与记录的已知最佳中继位置的信噪比或误码率进行比较，将

比较结果反馈给移动中继，由移动中继确定下一个中继位置并继续搜索最佳中继位置，使得移动中继能够越来越靠近最佳中继位置并确定。

本实施例中，若比较结果为本次通信性能比已知最佳中继位置的通信性能有所提高，则目的端将移动中继在第  $t$  时隙的中继位置更新为已知最佳中继位置，且将在第  $t$  时隙的通信性能更新为已知最佳中继位置的通信性能。其中，该目的端中保存的已知最佳中继位置的通信性能为已测试的最好的通信性能，且在不断更新已知最佳中继位置的通信性能的过程中，该已知最佳中继位置也将越来越接近最佳中继位置。

进一步地，目的端根据计算得到的该当前通信性能与已保存的已知最佳中继位置的通信性能的比较结果，更新内存中的已知最佳接收信号通信性能，即若比较结果为当前位置的通信性能比已知最佳中继位置的通信性能有所提高，则移动中继将在第  $t$  时隙所处的中继位置记录为已知最佳中继位置，并更新内存中的已知最佳接收信号通信性能。

在本发明实施例中，当信号的信噪比大于已知最佳中继位置的信噪比时，移动中继将在第  $t$  时隙的中继位置保留下来，且在移动到下一个中继位置时，移动中继是以在第  $t$  时隙的中继位置为起点进行移动的。

即在信号的信噪比大于已知最佳中继位置的信噪比的情况下，移动中继按照如下方式确定下一个中继位置：

$$\theta(t+1) = \theta(t) + \delta(t)$$

其中， $\theta(t+1)$  表示在第  $t+1$  时隙移动中继的位置， $\theta(t)$  表示已知最佳中继位置， $\delta(t)$  表示随机扰动步长。

本发明实施例中还设置了连续负反馈计数器，使用该连续负反馈计数器来确定最佳中继位置。该连续负反馈计数器用于描述移动中继在搜寻最佳中继位置的过程中，当前位置的通信性能小于已知最佳中继位置的通信性能的连续次数，即每次移动中继在接收到比较结果为当前位置的通信信号的信噪比小于已知最佳中继位置的通信信号的信噪比，或者，为当前位置的通信信号的误码率

大于已知最佳中继位置的通信信号的误码率的情况下，都将连续负反馈计数器的值增加。

具体地，若比较结果为当前位置的测试信号的信噪比大于已知最佳中继位置的信号的信噪比，或，当前位置的测试信号的误码率小于已知最佳中继位置的信号误码率，则将该修正因子的值清零，以及将连续负反馈计数器的值清零；

若比较结果为当前位置的测试信号的信噪比小于已知最佳中继位置的信号的信噪比，或，当前位置的测试信号的误码率大于已知最佳中继位置的信号误码率，则在将移动中继返回在第  $t-1$  时隙所处的中继位置，移动中继将连续负反馈计数器加 1，并将该修正因子的值设置为上一次的随机扰动步长的相反数。

判断连续负反馈计数器的值是否达到预先设置的连续负反馈阈值，此处达到的含义为大于或等于，若连续负反馈计数器的值达到该连续负反馈阈值，说明当前的随机扰动步长不适合进一步的精确搜寻，应该适当缩小该随机扰动步长，则移动中继将按照预置的比例缩小该随机扰动步长，同时将连续负反馈计数器清零，并返回执行步骤 C 中移动到下一个中继位置的步骤，可以理解的，此后将按照新确定的随机扰动步长进行基于连续负反馈变步长的移动中继最佳中继位置搜寻。若连续负反馈计数器的值未达到该连续负反馈阈值，说明还可继续使用当前的随机扰动步长，则返回执行步骤 C 中移动到下一个中继位置的步骤。

在本发明实施例中，设置负反馈计数器是因为在搜寻最佳中继位置的过程中，移动中继在处于最佳中继位置周围时，会出现无论顺时针还是逆时针移动一个随机扰动步长都将使得传输性能变差，即信号的信噪比小于已知最佳中继位置的信噪比，因此，当负反馈计数器的值在达到预先设置的阈值之后，移动中继将减少其移动的步长，通过改变步长，来缩小移动中继所处的中继位置与最佳中继位置之间的误差。

在本发明实施例中，在本发明实施例中，通过设置负反馈计数器及按照预先设置的步长缩小比例减小随机扰动步长，能够使得移动中继所处的中继位置

越来越接近最佳中继位置，并完成最佳中继位置的搜索。

在本发明实施例中，通过移动中继接收测试信号，并发送给目的端进行当前位置和已知最佳中继位置的通信性能的计算和比较，根据目的端反馈的比较结果以及随机扰动步长，移动到下一个中继位置，并返回执行移动中继接收信号的步骤，通过循环上述的过程使得移动中继能够在基于步长不断移动到下一个中继位置的过程中，逐渐接近最佳中继位置，并确定最佳中继位置，该方法可提高中继通信的性能，且无需获得源端和目的端的位置信息，无需多天线，且只需要目的端反馈一比特信息给移动中继进行搜寻控制，依然可在预定轨迹范围内确定最佳中继位置点，扩大了适用范围。

为了更好的理解本发明实施例中的技术方法，下面介绍利用本发明实施例中的技术方案确定最佳中继位置，如下：

在以信噪比为基准表示通信性能强弱的情况下，

初始步长为： $\delta(1) = \frac{\pi}{16}$ ；

源端的坐标位置为： $(x_s, y_s, z_s) = (0, -700, 1)$ ；

目的端的坐标位置为： $(x_d, y_d, z_d) = (30, 600, 1)$ ；

移动中继的坐标位置为： $(r, \theta(n), z) = (500, \theta(n), 30)$ 。

请参阅图 3，为本发明实施例中移动中继的移动角度与信号的信噪比的对应关系的仿真图。在图 3 中，横轴表示移动中继的移动角度，纵轴表示与移动中继的移动角度对应的该中继位置的端到端的信噪比，该端到端是指从源端至目的端。

请参阅图 4，为本发明实施例中时隙数与信噪比的对应关系的仿真图，该示意图是指在按照本发明描述的技术方案的过程中，不同的时隙对应的不同的信噪比。

在图 4 中，横轴表示移动中继搜寻最佳位置过程中花费的时隙数，纵轴表示信号的信噪比，可以看到在搜寻到第 25 个时隙时就找到 7dB 的位置，在第 40

个时隙找到最佳中继位置，也就是图 4 中的极大值点。

在本发明实施例中，还可以以误码率来描述通信性能的强弱，且能够采用和本发明实施例中相似的技术思想来利用误码率确定最佳中继位置。

请参阅图 5，为本发明实施例中，利用误码率确定最佳中继位置时，移动中继的移动角度与信号的信噪比之间的对应关系的仿真图。

在图 5 中横轴表示移动中继的在柱坐标中的角度，纵坐标表示与该角度对应的中继位置的端到端误码率，即，从源端至目的端的误码率。

请参阅图 6，为本发明实施例中，以误码率确定最佳中继位置时，时隙数与误码率之间的对应关系的仿真图，在图 6 中横轴表示移动中继搜寻最佳中继位置花费额时隙数，纵轴表示端到端的误码率，从图 6 中可以看到，搜寻到第 70 个时隙时误码率收敛结束，即图 6 中的极小值点。

基于上述描述，利用误码率或信噪比按照本发明技术方案中的思想搜寻最佳中继位置的效果是一样的，因此，在利用误码率或者信噪比以外的其他类型的通信性能参数按照本发明技术方案中的思想确定最佳中继位置的技术方案也属于本发明实施例的保护范围。

请参阅图 7，为本发明实施例中的基于连续负反馈变步长的移动中继最佳中继位置搜寻系统的结构的示意图，包括：

移动中继 701、源端 702 及目的端 703；

其中，移动中继 701 在固定轨道的任意位置上，接收来自源端 702 发送的测试信号，并放大转发至目的端 703，目的端 703 接收移动中继 701 发来的信号并计算本次通信性能，该通信性能包括：信噪比和误码率，并根据计算结果与已保存的已知最佳中继位置的通信性能进行比较，以及生成一比特信息反馈至该移动中继，该一比特信息表示当前通信性能与已保存的已知最佳中继位置的通信性能的比较结果，即，该一比特信息包括接收信号通信性能是否提高的信息，该已知最佳中继位置为已测试的通信性能最好的位置。移动中继 701 记录当前位置信息，并根据该一比特信息、随机扰动步长和修正因子移动到下一

个位置，并再次执行在固定轨道的任意位置上，接收来自源端 702 发送的测试信号，并放大转发至目的端 703 的步骤，反复循环，直至最终确定最佳中继位置，该最佳中继位置为：在预设的搜寻时长内通信性能最好的位置，或者，该移动中继移动完整个该固定轨道时通信性能最好的位置，或者，该通信性能满足系统设定要求的位置。

具体地，若该一比特信息表示当前通信性能大于该已知最佳中继位置的通信性能，移动中继 701 将当前位置记录为已知最佳中继位置，并随机移动一个扰动步长以移动到下一个中继位置，即根据第一修正因子值和该随机扰动步长确定及移动到下一个中继位置。该第一修正因子值为 0。当前通信性能优于该已知最佳中继位置的通信性能时，修正因子的值是作清零处理的，因此，此时修正因子的值，即第一修正因子值为 0。

若该一比特信息表示当前通信性能小于该已知最佳中继位置的通信性能，则移动中继 701 先返回到上一次的位置，再随机移动一个扰动步长以移动到下一个中继位置，即，根据该随机扰动步长和第二修正因子值确定及移动到下一个中继位置，该第二修正因子的值为上一次随机扰动步长的相反数。

其中，以  $\varphi(t)$  表示所述下一时隙的中继位置， $\theta(t)$  表示当前位置， $\delta(t)$  表示所述随机扰动步长， $\xi(t)$  表示所述修正因子，则： $\varphi(t) = \theta(t) + \delta(t) + \xi(t)$ ， $t$  表示时隙数。

在移动中继 701 判断当前通信性能比已保存的已知最佳中继位置的通信性能提高时，即，在判断为接收信号性能提高时，将该修正因子的值和连续负反馈计数器的值清零，该连续负反馈计数器用于描述移动中继 701 在搜寻最佳中继位置的过程中，当前位置的通信性能比已保存的已知最佳中继位置差的连续次数。

在判断当前通信性能比已保存的已知最佳中继位置的通信性能差时，移动中继 701 返回上一时隙的位置，同时，将该连续负反馈计数器的值加 1，该修正因子设置为上一次随机扰动步长的相反数，并判断该连续负反馈计数器的值是

否达到预设的连续负反馈阈值。

若判断该连续负反馈计数器的值达到该预设的连续负反馈阈值，则按比例缩小该随机扰动步长，同时将该连续负反馈计数器清零并返回移动到下一个中继位置的步骤，若判断该连续负反馈计数器的值未达到预设的连续负反馈阈值，则返回移动到下一个中继位置的步骤。

进一步地，目的端 703 根据计算得到的所述当前通信性能与已保存的已知最佳中继位置的通信性能的比较结果，更新内存中的已知最佳接收信号通信性能。

在本发明实施例中，通过移动中继接收测试信号，并发送给目的端进行当前位置和已知最佳中继位置的通信性能的计算和比较，根据目的端反馈的比较结果以及随机扰动步长，移动到下一个中继位置，并返回执行移动中继接收信号的步骤，通过循环上述的过程使得移动中继能够在基于步长不断移动到下一个中继位置的过程中，逐渐接近最佳中继位置，并确定最佳中继位置，该方法可提高中继通信的性能，且无需获得源端和目的端的位置信息，无需多天线，且只需要目的端反馈一比特信息给移动中继进行搜寻控制，依然可在预定轨迹范围内确定最佳中继位置点，扩大了适用范围。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分步骤是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。

以上对本发明所提供的基于连续负反馈变步长的最佳中继位置搜寻方法及系统进行了详细介绍，对于本领域的一般技术人员，依据本发明实施例的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处，综上所述，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

1、一种基于连续负反馈变步长的最佳中继位置搜寻方法，其特征在于，所述搜寻方法步骤包括：

步骤 A，移动中继在固定轨道的任意位置上，接收来自源端发送的测试信号，并放大转发至目的端；

步骤 B，所述目的端接收所述移动中继发来的信号并计算本次通信性能，所述通信性能包括：信噪比和误码率，并根据计算结果与已保存的已知最佳中继位置的通信性能进行比较，以及生成一比特信息反馈至所述移动中继，所述一比特信息表示当前通信性能与已保存的已知最佳中继位置的通信性能的比较结果，所述已知最佳中继位置为已测试的通信性能最好的位置；

步骤 C，所述移动中继记录当前位置信息，并根据所述一比特信息、随机扰动步长和修正因子移动到下一个位置，并返回步骤 A，直至最终确定最佳中继位置，所述最佳中继位置为：在预设的搜寻时长内通信性能最好的位置，或者，所述移动中继移动完整个所述固定轨道时通信性能最好的位置，或者，所述通信性能满足系统设定要求的位置。

2、如权利要求 1 所述的搜寻方法，其特征在于，所述方法还包括：

以  $y_R$  表示所述移动中继接收到的所述测试信号，则：

$y_R = x\sqrt{P_S}L_{S,R} + n_1$ ，其中  $x$  表示所述源端发射的所述测试信号， $P_S$  表示所述源端的发射功率， $L_{S,R}$  表示所述源端到所述移动中继的第一跳通信的自由空间路径损耗， $n_1$  表示表示所述第一跳通信的加性高斯白噪声；

进行最佳中继位置搜寻前，所述移动中继初始化其位置信息，并接收来自所述源端发射的所述测试信号并放大转发至目的端；

所述目的端计算初始通信性能，并保存为初始记录。

3、如权利要求 1 所述的搜寻方法，其特征在于，所述方法还包括：

以  $y_D$  表示所述目的端接收到的所述移动中继发送的信号，则：

$y_D = y_R GL_{R,D} + n_2$ ，其中，其中  $y_R$  表示所述移动中继接收到的所述测试信号， $G$  表示中继增益， $L_{R,D}$  表示所述移动中继到所述目的端的第二跳通信的自由空间

路径损耗,  $n_2$  表示所述第二跳通信的加性高斯白噪声。

4、如权利要求 1 所述的搜寻方法, 其特征在于, 所述步骤 C 中根据所述一比特信息、随机扰动步长和修正因子移动到下一个位置, 包括:

若所述一比特信息表示当前通信性能大于所述已知最佳中继位置的通信性能, 则将当前位置记录为已知最佳中继位置, 则根据所述随机扰动步长和第一修正因子值确定及移动到下一个中继位置, 所述第一修正因子值为 0;

若所述一比特信息表示当前通信性能小于所述已知最佳中继位置的通信性能, 则所述移动中继先返回到上一次的位置, 再根据所述随机扰动步长和第二修正因子值确定及移动到下一个中继位置, 所述第二修正因子值为上一次随机扰动步长的相反数;

其中, 以  $t$  表示时隙数,  $\varphi(t)$  表示所述下一时隙的中继位置,  $\theta(t)$  表示已知最佳中继位置,  $\delta(t)$  表示所述随机扰动步长,  $\xi(t)$  表示所述修正因子, 则:  
$$\varphi(t) = \theta(t) + \delta(t) + \xi(t)。$$

5、如权利要求 4 所述的搜寻方法, 其特征在于, 所述方法还包括:

在当前通信性能比已保存的已知最佳中继位置的通信性能提高时, 则将所述修正因子的值和连续负反馈计数器的值清零, 所述连续负反馈计数器用于描述所述移动中继在搜寻最佳中继位置的过程中, 当前位置的通信性能比已保存的已知最佳中继位置的通信性能差的连续次数;

在当前通信性能比已保存的已知最佳中继位置的通信性能差时, 在所述移动中继返回上一时隙的位置的同时, 将所述连续负反馈计数器的值加 1, 并将所述修正因子的值设置为上一次随机扰动步长的相反数, 以及判断所述连续负反馈计数器的值是否达到预设的连续负反馈阈值;

若判断所述连续负反馈计数器的值达到所述预设的连续负反馈阈值, 则按预置的比例缩小所述随机扰动步长, 同时将所述连续负反馈计数器清零并返回步骤 C 中的移动到下一个中继位置;

若判断所述连续负反馈计数器的值未达到预设的连续负反馈阈值, 则返回

步骤 C 中的移动到下一个中继位置。

6、如权利要求 5 所述的搜寻方法，其特征在于，所述方法还包括：

所述目的端根据计算得到的所述当前通信性能与已保存的已知最佳中继位置的通信性能的比较结果，更新内存中的已知最佳中继位置的通信性能。

7、一种基于连续负反馈变步长的最佳中继位置搜寻系统，其特征在于，所述搜寻系统包括移动中继、源端和目的端；

其中，所述移动中继在固定轨道的任意位置上，接收来自所述源端发送的测试信号，并放大转发至所述目的端；

所述目的端接收所述移动中继发来的信号并计算本次通信性能，所述通信性能包括：信噪比和误码率，并根据计算结果与已保存的已知最佳中继位置的通信性能进行比较，以及生成一比特信息反馈至所述移动中继，所述一比特信息表示当前通信性能与已保存的已知最佳中继位置的通信性能的比较结果，所述已知最佳中继位置为已测试的通信性能最好的位置；

所述移动中继记录当前位置信息，并根据所述一比特信息、随机扰动步长和修正因子移动到下一个位置，并再次执行接收来自所述源端发送的测试信号，并放大转发至所述目的端的步骤，直至最终确定最佳中继位置，所述最佳中继位置为：在预设的搜寻时长内通信性能最好的位置，或者，所述移动中继移动完整个所述固定轨道时通信性能最好的位置，或者，所述通信性能满足系统设定要求的位置。

8、如权利要求 7 所述的搜寻系统，其特征在于，

若所述一比特信息表示当前通信性能大于所述已知最佳中继位置的通信性能，则所述移动中继将当前位置记录为已知最佳中继位置，则根据所述随机扰动步长和第一修正因子值确定及移动到下一个中继位置，所述第一修正因子值为 0；

若所述一比特信息表示当前通信性能小于所述已知最佳中继位置的通信性能，则所述移动中继先返回到上一次的位置，再根据所述随机移动步长和第二

修正因子值确定及移动到下一个中继位置，所述第二修正因子的值为上一次随机扰动步长的相反数；

其中，以  $t$  表示时隙数， $\varphi(t)$  表示所述下一时隙的中继位置， $\theta(t)$  表示已知最佳中继位置， $\delta(t)$  表示所述随机扰动步长， $\xi(t)$  表示所述修正因子，则：

$$\varphi(t) = \theta(t) + \delta(t) + \xi(t)。$$

9、如权利要求 7 或 8 所述的搜寻系统，其特征在于，

在所述移动中继判断当前通信性能比已保存的已知最佳中继位置的通信性能提高时，将所述修正因子的值和连续负反馈计数器的值清零，所述连续负反馈计数器用于描述所述移动中继在搜寻最佳中继位置的过程中，当前位置的通信性能比已保存的已知最佳中继位置的通信性能差的连续次数；

在判断当前通信性能比已保存的已知最佳中继位置的通信性能差时，在所述移动中继返回上一时隙的位置的同时，将所述连续负反馈计数器的值加 1，并将所述修正因子的值设置为上一次随机扰动步长的相反数，以及判断所述连续负反馈计数器的值是否达到预设的连续负反馈阈值；

若判断所述连续负反馈计数器的值达到所述预设的连续负反馈阈值，则所述移动中继按比例缩小所述随机扰动步长，同时将所述连续负反馈计数器清零并返回移动到下一个中继位置的步骤；

若判断所述连续负反馈计数器的值未达到预设的连续负反馈阈值，则所述移动中继返回移动到下一个中继位置的步骤。

10、如权利要求 9 所述的搜寻系统，其特征在于，

所述目的端根据计算得到的所述当前通信性能与已保存的已知最佳中继位置的通信性能的比较结果，更新内存中的已知最佳中继位置的通信性能。

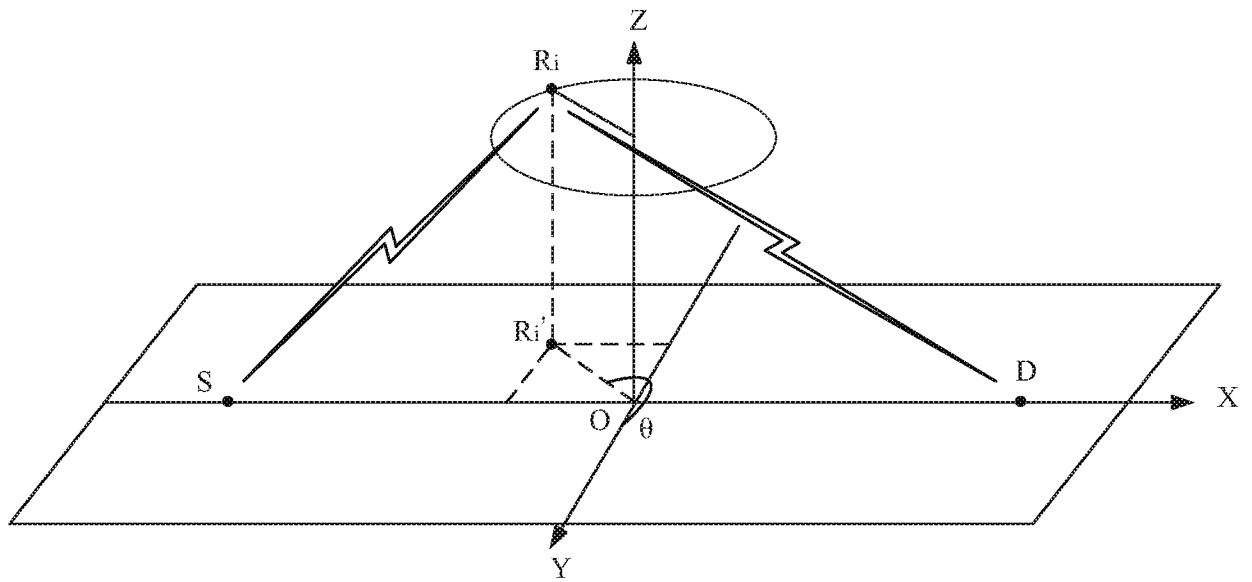


图 1

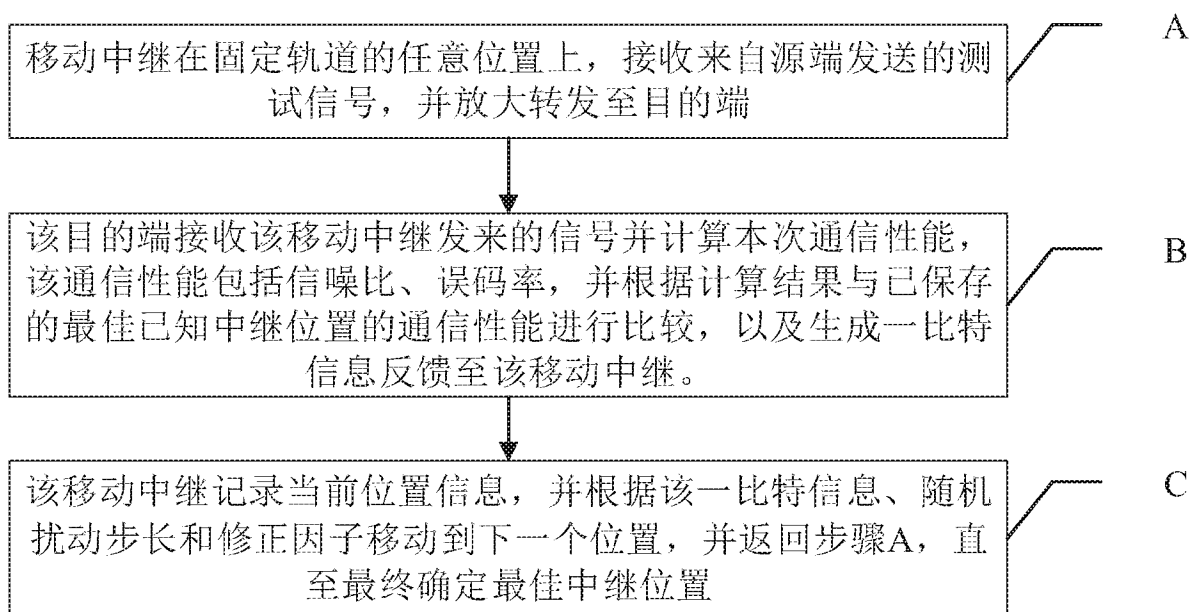


图 2

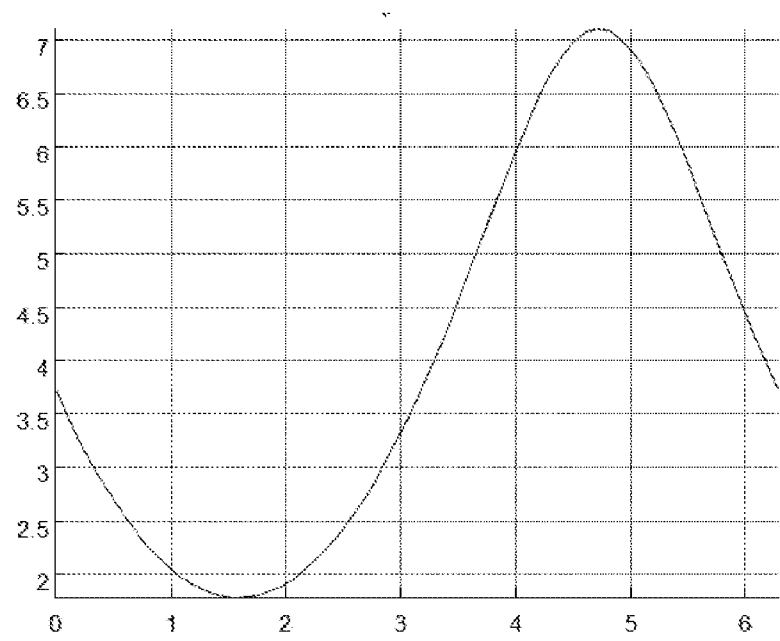


图 3

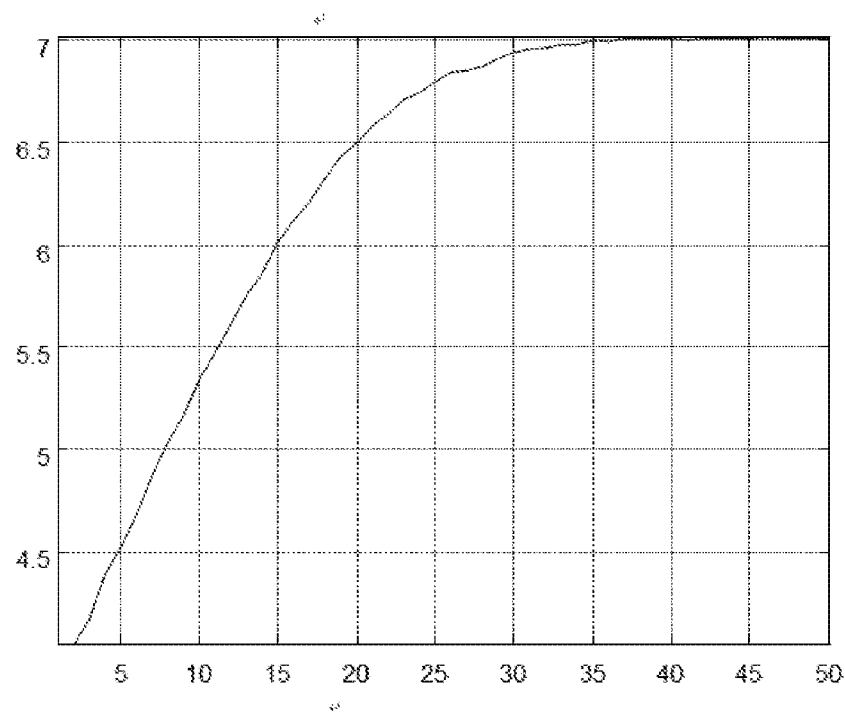


图 4

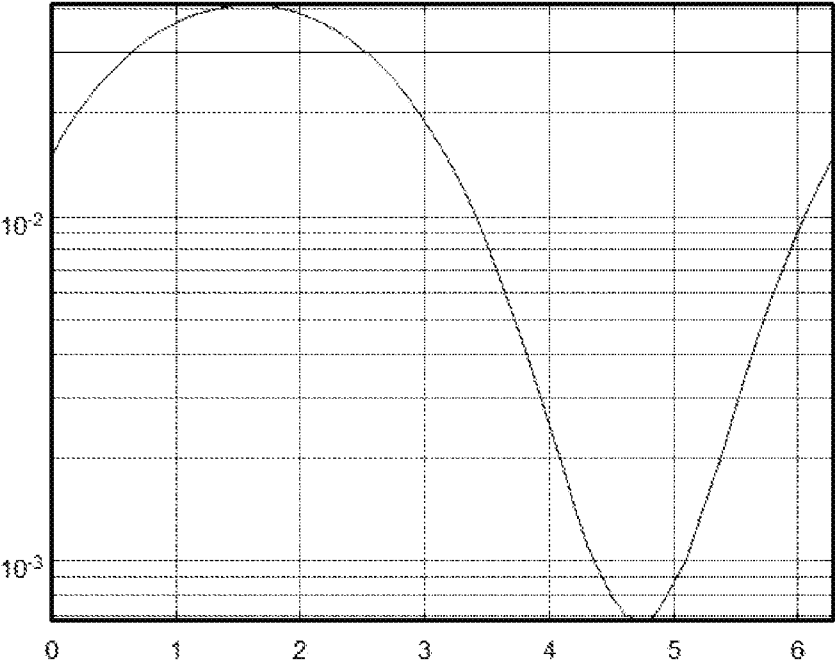


图 5

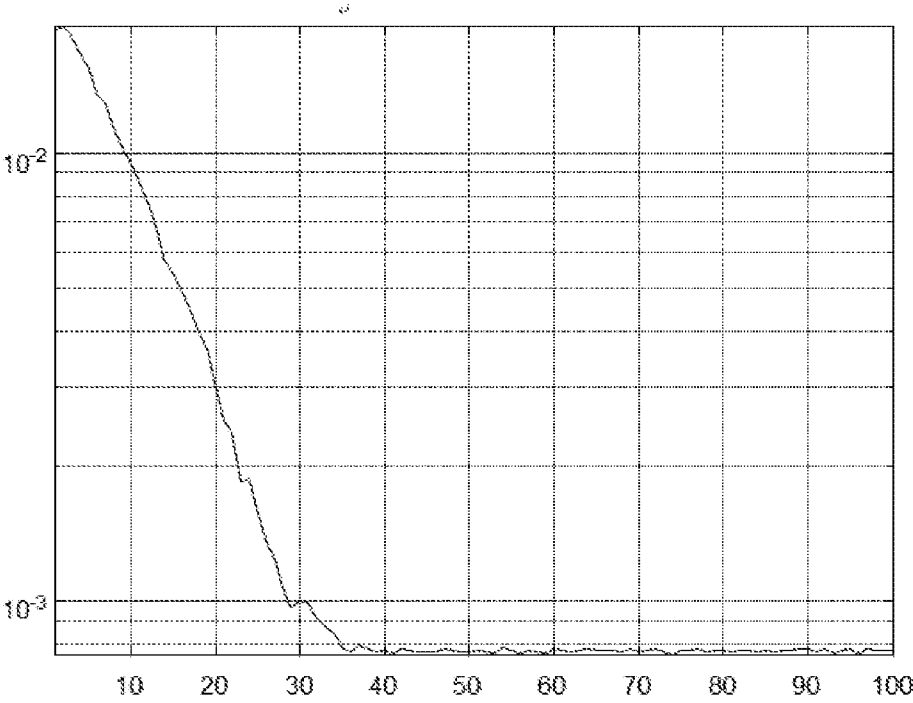


图 6

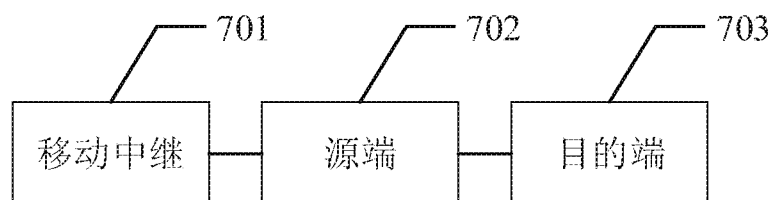


图 7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2015/096737

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W 40/22 (2009.01) 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)

H04W; H04Q

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)

WPI; EPODOC; CNPAT; CNKI; IEEE: relay, UAV, unmanned aerial vehicle, position, location, best, optimal, optimum, step, SNR, BER, bit, path, track

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                   | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| E         | CN 105554843 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 04 May 2016 (04.05.2016) claims 1-10                                                                                                                            | 1-10                  |
| A         | LIN, Min et al., "Optimal design and performance analysis for two-hop wireless links with UAV relaying" Systems Engineering and Electronics, vol. 37, no. 6, 30 June 2015 (30.06.2015), chapters 1-3 | 1-10                  |
| A         | CN 104333147 A (BEIJING ZHIGU RUITUO TECHNOLOGY SERVICES CO., LTD.) 04 February 2015 (04.02.2015) the whole document                                                                                 | 1-10                  |
| A         | WO 2015148262 A1 (AMAZON TECHNOLOGIES, INC.) 01 October 2015 (01.10.2015) the whole document                                                                                                         | 1-10                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Special categories of cited documents:                                                                                                                                | "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                                              |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                                                                | "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                                                                     |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date                                                                               | "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 |
| "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) | "&" document member of the same patent family                                                                                                                                                                                                    |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                                                                                                                                                                               |                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Date of the actual completion of the international search<br>11 August 2016                                                                                                                                   | Date of mailing of the international search report<br>29 August 2016 |
| Name and mailing address of the ISA<br>State Intellectual Property Office of the P. R. China<br>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao<br>Haidian District, Beijing 100088, China<br>Facsimile No. (86-10) 62019451 | Authorized officer<br>LEI, Yongjun<br>Telephone No. (86-10) 62413422 |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2015/096737

| Patent Documents referred in the Report | Publication Date | Patent Family    | Publication Date |
|-----------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| CN 105554843 A                          | 04 May 2016      | None             |                  |
| CN 104333147 A                          | 04 February 2015 | None             |                  |
| WO 2015148262 A1                        | 01 October 2015  | US 2015277440 A1 | 01 October 2015  |

| <b>A. 主题的分类</b><br>H04W 40/22 (2009.01) i<br><br>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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                  |                                             |      |                   |         |   |                                                                |      |   |                                                                                                  |      |   |                                                                    |      |   |                                                                                  |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------|-------------------|---------|---|----------------------------------------------------------------|------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|--------------------------------------------------------------------|------|---|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>B. 检索领域</b><br>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)<br>H04W; H04Q<br><br>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献<br><br>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))<br>WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI, IEEE: 中继, 无人机, 位置, 定位, 极佳, 最佳, 最优, 最好, 步长, 信噪比, 误码率, 比特, 轨道, relay, UAV, unmanned aerial vehicle, position, location, best, optimal, optimum, step, SNR, BER, bit, path, track                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                  |                                             |      |                   |         |   |                                                                |      |   |                                                                                                  |      |   |                                                                    |      |   |                                                                                  |      |
| <b>C. 相关文件</b> <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>E</td> <td>CN 105554843 A (深圳大学) 2016年 5月 4日 (2016 - 05 - 04)<br/>权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>林敏等. "无人飞行器中继双跳无线链路中的优化设计及性能分析"<br/>系统工程与电子技术, 第37卷, 第6期, 2015年 6月 30日 (2015 - 06 - 30),<br/>第1-3节</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104333147 A (北京智谷睿拓技术服务有限公司) 2015年 2月 4日 (2015 - 02 - 04)<br/>全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2015148262 A1 (AMAZON TECHNOLOGIES, INC.) 2015年 10月 1日 (2015 - 10 - 01)<br/>全文</td> <td>1-10</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 | E | CN 105554843 A (深圳大学) 2016年 5月 4日 (2016 - 05 - 04)<br>权利要求1-10 | 1-10 | A | 林敏等. "无人飞行器中继双跳无线链路中的优化设计及性能分析"<br>系统工程与电子技术, 第37卷, 第6期, 2015年 6月 30日 (2015 - 06 - 30),<br>第1-3节 | 1-10 | A | CN 104333147 A (北京智谷睿拓技术服务有限公司) 2015年 2月 4日 (2015 - 02 - 04)<br>全文 | 1-10 | A | WO 2015148262 A1 (AMAZON TECHNOLOGIES, INC.) 2015年 10月 1日 (2015 - 10 - 01)<br>全文 | 1-10 |
| 类 型*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                                | 相关的权利要求                                     |      |                   |         |   |                                                                |      |   |                                                                                                  |      |   |                                                                    |      |   |                                                                                  |      |
| E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CN 105554843 A (深圳大学) 2016年 5月 4日 (2016 - 05 - 04)<br>权利要求1-10                                   | 1-10                                        |      |                   |         |   |                                                                |      |   |                                                                                                  |      |   |                                                                    |      |   |                                                                                  |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 林敏等. "无人飞行器中继双跳无线链路中的优化设计及性能分析"<br>系统工程与电子技术, 第37卷, 第6期, 2015年 6月 30日 (2015 - 06 - 30),<br>第1-3节 | 1-10                                        |      |                   |         |   |                                                                |      |   |                                                                                                  |      |   |                                                                    |      |   |                                                                                  |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CN 104333147 A (北京智谷睿拓技术服务有限公司) 2015年 2月 4日 (2015 - 02 - 04)<br>全文                               | 1-10                                        |      |                   |         |   |                                                                |      |   |                                                                                                  |      |   |                                                                    |      |   |                                                                                  |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | WO 2015148262 A1 (AMAZON TECHNOLOGIES, INC.) 2015年 10月 1日 (2015 - 10 - 01)<br>全文                 | 1-10                                        |      |                   |         |   |                                                                |      |   |                                                                                                  |      |   |                                                                    |      |   |                                                                                  |      |
| <input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                  |                                             |      |                   |         |   |                                                                |      |   |                                                                                                  |      |   |                                                                    |      |   |                                                                                  |      |
| * 引用文件的具体类型:<br>"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件<br>"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利<br>"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)<br>"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件<br>"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<br>"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<br>"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<br>"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<br>"&" 同族专利的文件                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                  |                                             |      |                   |         |   |                                                                |      |   |                                                                                                  |      |   |                                                                    |      |   |                                                                                  |      |
| 国际检索实际完成的日期<br><br>2016年 8月 11日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                  | 国际检索报告邮寄日期<br><br>2016年 8月 29日              |      |                   |         |   |                                                                |      |   |                                                                                                  |      |   |                                                                    |      |   |                                                                                  |      |
| ISA/CN的名称和邮寄地址<br><br>中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)<br>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088<br>传真号 (86-10)62019451                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                  | 授权官员<br><br>雷永俊<br><br>电话号码 (86-10)62413422 |      |                   |         |   |                                                                |      |   |                                                                                                  |      |   |                                                                    |      |   |                                                                                  |      |

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/096737

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------|------------|----|----------------|
| CN          | 105554843  | A  | 2016年 5月 4日    | 无    |            |    |                |
| CN          | 104333147  | A  | 2015年 2月 4日    | 无    |            |    |                |
| WO          | 2015148262 | A1 | 2015年 10月 1日   | US   | 2015277440 | A1 | 2015年 10月 1日   |