

(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 2017/096539 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04W 40/22 (2009.01) H04W 64/00 (2009.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/096736
- (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)。 梁远 (LIANG, Yuan) [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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

[见续页]

(54) Title: SEARCH METHOD AND SEARCH SYSTEM FOR OPTIMAL COMMUNICATION POSITION OF MULTIPLE MOBILE RELAYS

(54) 发明名称: 一种多移动中继最佳通信位置的搜寻方法及搜寻系统

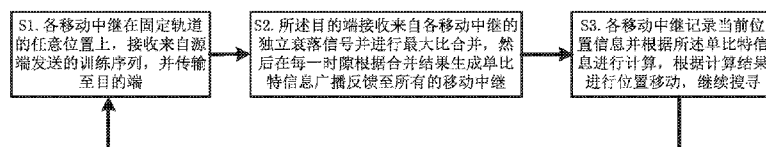


图 1

- S1 Various mobile relays receiving a training sequence sent from a source end at any position of a fixed track, and transmitting same to a destination end
- S2 The destination end receiving independent fading signals from the various mobile relays, performing maximal-ratio combination, and then generating single-bit information according to a combination result in each time slot, and broadcasting and feeding back same to all the mobile relays
- S3 The various mobile relays recording current position information, performing a calculation according to the single-bit information, shifting a position according to a calculation result, and continuing the search

(57) Abstract: The present invention is applicable to the field of wireless communications. Provided is a search method for an optimal communication position of multiple mobile relays, and the steps thereof comprise: A, various mobile relays receiving a training sequence sent from a source end at any position of a fixed track, and transmitting same to a destination end; B, the destination end receiving independent fading signals from the various mobile relays, performing maximal-ratio combination, and then generating single-bit information according to a combination result in each time slot, and broadcasting and feeding back same to all the mobile relays; and C, the various mobile relays recording current position information, performing a calculation according to the single-bit information, shifting a position according to a calculation result, and returning to step A to finally determine an optimal relay communication position. In the search method provided in the present invention, an airborne single antenna is used, without relying on a GPS and without knowing position information about a ground communication unit, and various mobile relays can find an optimal relay communication position within a given motion trajectory range by utilizing only bit information fed back by a destination end.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2017/096539 A1

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

本发明适用于无线通信领域，提供了一种多移动中继最佳通信位置的搜寻方法，步骤包括：**A**，各移动中继在固定轨道的任意位置上，接收来自源端发送的训练序列，并传输至目的端；**B**，所述目的端接收来自各移动中继的独立衰落信号并进行最大比合并，然后在每一间隙根据合并结果生成单比特信息广播反馈至所有的移动中继；**C**，各移动中继记录当前位置信息并根据所述单比特信息进行计算，根据计算结果进行位置移动，并返回步骤 **A**，最终确定最佳中继通信位置。本发明提供的搜寻方法使用机载单天线且无需依赖 GPS，且无需知道地面通信单元的位置信息，各移动中继只利用目的端反馈的比特信息就能够在给定运动轨迹范围内找到最佳的中继通信位置。

一种多移动中继最佳通信位置的搜寻方法及搜寻系统

技术领域

本发明属于无线通信技术领域，尤其涉及一种基于可变步长扰动的多移动中继最佳通信位置的搜寻方法及搜寻系统。

背景技术

协作通信是目前发展迅速并且很有潜力的技术，协作通信采用中继转发数据来提高接收信号质量。无线通信系统的性能主要是受到无线信道的制约，在现实环境中，发射机和接收机之间的传播路径非常复杂，发送信号往往经过多种衰落及多径传播才能到达目的端，分集技术通过在目的端合并处理经过独立衰落且承载相同信息的信号样本，进而可以有效减轻无线信道衰落效应的影响。随着人类通信需求的日益增长，对于崎岖多山或者市区等无线通信易被障碍物阻挡的地理环境，飞机、卫星及无人机（Unmanned Aerial Vehicles, UAVs）作为通信中继能够有效地连接其中的用户。近些年来，使用无人机作为通信中继已经吸引了不少学者的关注和研究。利用单比特的反馈机制实现多无人机自动搜寻最佳的通信位置，有利于提高通信质量，增大通信范围，因此变得越来越重要。

现有的应用于无人机中继的最佳通信位置的搜寻算法主要有：无人机利用地面用户通过 GPS 获取地理位置进行最佳中继通信位置的搜寻，基于扰动的极值搜索控制（Extremum Seeking Control, ESC）算法，基于多机载天线的算法。现有的无人机最佳中继通信位置搜寻算法，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)通信中继依赖于 GPS 容易遭受攻击并且 GPS 信号并不是时刻可用，也可能遭受 GPS 欺骗或干扰而导致通信中继失败。更重要的是，在很多特殊情

况下通信双方没有 GPS 功能或者 GPS 设备已损坏，如自然灾害导致 GPS 设备损坏。(2)使用机载多天线对信号到达角(Direction of Arrival, DOA)进行估计来搜寻最佳中继通信位置，但是容易出现估计误差，且增加了无人机通信设备的复杂度和算法复杂度。

发明内容

本发明所要解决的技术问题在于提供一种基于可变步长扰动的多移动中继最佳位置的搜寻方法及搜寻系统，旨在解决现有应用于无人机中继的最佳通信位置的搜寻算法容易遭受 GPS 欺骗或干扰而导致通信中继失败，容易出现估计误差，且增加了无人机通信设备的复杂度和算法复杂度的问题。

本发明是这样实现的，一种多移动中继最佳通信位置的搜寻方法，步骤包括：

步骤 A，各移动中继在固定轨道的任意位置上，接收来自源端发送的训练序列，并传输至目的端；

步骤 B，所述目的端接收来自各移动中继的独立衰落信号并进行最大比合并，然后在每一时隙根据合并结果生成单比特信息广播反馈至所有的移动中继；所述独立衰落信号为所述训练序列经过衰落后到达目的端的信号；

步骤 C，各移动中继记录当前位置信息并根据所述单比特信息进行计算，根据计算结果进行位置移动，并返回步骤 A，最终确定最佳中继通信位置。所述的最终确定最佳中继通信位置，可以通过有限时间长度或者通信性能满足系统要求来进行确定。

进一步地，步骤 A 中，进行最佳中继通信位置搜寻前，将各移动中继放在不同轨道上来初始其位置信息，接收来自源端发射的训练序列，并传输至目的端；各移动中继运行的轨道之间没有交集，并通过陀螺仪保持移动中继在各自轨道上运行。

进一步地，步骤 B 中，以 $y_{D_1}, y_{D_2}, \dots, y_{D_k}$ 表示目的端接收来自 k 个移动中继

的 k 路独立衰落信号, 经最大比合并后输出合并信号, 以 y_D 表示所述合并信号, 则:

$$y_D = \alpha_1 y_{D_1} + \alpha_2 y_{D_2} + \dots + \alpha_k y_{D_k} = \sum_{i=1}^k \alpha_i y_{D_i}, \text{ 其中, } i \text{ 表示第 } i \text{ 个移动中继,}$$

$\alpha_i = \frac{A_i}{\sigma_i^2}$ 为第 i 条支路的加权系数, 其中 A_i 为第 i 条支路的信号幅度, σ_i^2 为第 i 条支路噪声的平均功率, $0 \leq i \leq k$ 。

进一步地, 所述步骤 C 中, 各移动中继使用陀螺仪保持固定的运动轨迹和进行位置的移动, 根据所述单比特信息进行计算同时引入修正因子、累积正反馈计数器、连续负反馈计数器和阈值修正机制, 然后各移动中继根据计算结果变换运动步长和方向进行位置移动, 并返回步骤 A。

进一步地, 所述步骤 C 具体包括:

步骤 C1, 各移动中继记录其当前位置, 以当前位置为初步最佳位置, 所述初步最佳位置用 $\theta_i(n)$ 表示, i 表示第 i 个移动中继, n 表示第 n 个时隙;

步骤 C2, 各移动中继根据所述单比特信息在每个迭代时隙变更运动步长, 变换后的运动步长包括随机扰动步长加修正因子;

步骤 C3, 各移动中继根据变更后的运动步长计算下一时刻位置, 各移动中继根据所述下一时刻位置进行位置移动, 返回步骤 A, 接收来自源端发射的训练序列, 并传输至目的端;

以 $\varphi_i(n+1)$ 表示所述下一时刻位置, 以 $\delta_i(n)$ 所述随机扰动步长, $\xi_i(n)$ 表示修正因子, 则: $\varphi_i(n+1) = \theta_i(n) + \delta_i(n) + \xi_i(n)$;

步骤 C4, 目的端计算最大比合并后信号的信噪比强度, 根据计算出的信噪比强度的结果与已知的最佳接收信号的信噪比强度相比, 并且更新内存中的最佳接收信号信噪比强度, 然后目的端广播反馈单比特信息给所有移动中继, 所述单比特信息包括接收信号性能是否提高的信息;

步骤 C5, 各移动中继根据反馈的单比特信息进行计算并变换运动步长和方向, 更新已知位置并存储, 最终确定最佳已知位置, 以该最佳已知位置作为最

佳中继通信位置。

进一步地，所述步骤 C5 具体包括：

步骤 C51，各移动中继对所述单比特信息进行判断；

步骤 C52，在判断为接收信号性能提高时，累积正反馈计数器加 1，修正因子清零和连续负反馈计数器清零，并判断累积正反馈计数器是否达到预设的累积正反馈阈值；

步骤 C53，若判断步骤 C52 中的累积正反馈计数器达到预设的累积正反馈阈值，则累积正反馈计数器清零，并且增大运动步长和增大累积正反馈阈值并返回步骤 C3；

步骤 C54，若判断步骤 C52 中的累积正反馈计数器未达到预设的累积正反馈阈值，则返回步骤 C3；

步骤 C55，在判断为接收信号性能未提高时，移动中继返回上一时隙的位置，同时连续负反馈计数器加 1，修正因子修改为上一时隙的运动步长的相反数，并判断连续负反馈计数器是否达到预设的连续负反馈阈值；

步骤 C56，若判断步骤 C55 中的连续负反馈计数器达到预设的连续负反馈阈值，则累积正反馈计数器和连续负反馈计数器清零，并且减小运动步长和减小连续负反馈计数器阈值并返回步骤 C3；

步骤 C57，若判断步骤 C55 中的连续负反馈计数器未达到预设的连续负反馈阈值，则返回步骤 C3。

本发明还提供了一种多移动中继最佳通信位置的搜寻系统，包括源端、若干移动中继和目的端；

所述源端，用于发送训练序列至所述中继；

所述移动中继，用于将接收到的训练序列传输至所述目的端进行计算；所述训练序列在传输过程中经衰落后以独立衰落信号的形式被所述目的端接收；

所述目的端，用于根据接收到的独立衰落信号进行最大比合并，然后在每一时隙根据合并结果生成单比特信息反馈至所有移动中继；所述移动中继记录

位置信息并根据所述单比特信息进行计算，根据计算结果进行位置移动，并实时将所述源端发送的序列信息传输至所述目的端进行计算，最终确认最佳中继通信位置。

进一步地，进行最佳中继通信位置搜寻前，将各移动中继放在不同轨道上来初始其位置信息，接收来自源端发射的训练序列，并传输至目的端；各移动中继运行的轨道之间没有交集，并通过陀螺仪保持移动中继在各自轨道上运行。

进一步地，以 $y_{D_1}, y_{D_2}, \dots, y_{D_k}$ 表示目的端接收来自 k 个移动中继的 k 路独立衰落信号，经最大比合并后输出合并信号，以 y_D 表示所述合并信号，则：

$$y_D = \alpha_1 y_{D_1} + \alpha_2 y_{D_2} + \dots + \alpha_k y_{D_k} = \sum_{i=1}^k \alpha_i y_{D_i}, \text{ 其中, } i \text{ 表示第 } i \text{ 个移动中继,}$$

$\alpha_i = \frac{A_i}{\sigma_i^2}$ 为第 i 条支路的加权系数，其中 A_i 为第 i 条支路的信号幅度， σ_i^2 为第 i 条支路噪声的平均功率， $0 \leq i \leq k$ 。

进一步地，各移动中继使用陀螺仪保持固定的运动轨迹和进行位置的移动，根据所述单比特信息进行计算同时引入修正因子、累积正反馈计数器、连续负反馈计数器和阈值修正机制，然后各移动中继根据计算结果变换运动步长和方向进行位置移动，并实时接收来自源端发射的训练序列，并传输至目的端。

本发明与现有技术相比，有益效果在于：本发明提供的搜寻方法使用各移动中继的机载单天线且无需依赖 GPS，且无需知道地面通信单元的位置信息，各移动中继只利用目的端反馈的单比特信息就能在给定运动轨迹范围内找到最佳的中继通信位置，进一步地，本发明可以被应用来搜寻多移动中继最佳通信位置，提高中继通信的性能，适用于增强多轨道运动的中继。

附图说明

图 1 是本发明实施例一提供的一种多移动中继最佳位置的搜寻方法的流程图。

图 2 是本发明实施例二提供的一种使用多无人机作为移动中继最佳位置的

搜寻系统的结构示意图。

图 3 是本发明实施例一提供的一种使用多无人机作为移动中继最佳通信位置搜寻方法的详细步骤图。

图 4 是本发明实施例一提供的使用多无人机作为移动中继最佳位置的搜寻过程中的信噪比分布示意图。

图 5 是本发明实施例一提供的使用多无人机作为移动中继最佳位置的搜寻过程所花时隙与达到信噪比的示意图。

图 6 是本发明实施例一提供的使用多无人机作为移动中继最佳位置搜寻过程的所花时隙与各无人机的位置的示意图。

图 7 是本发明实施例一提供的使用多无人机作为移动中继位置对应的误码率分布示意图。

图 8 是本发明实施例一提供的使用多无人机作为移动中继最佳位置的搜寻过程的所花时隙与达到的误码率的示意图。

具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

针对现有无人机最佳中继通信位置搜寻算法的不足和缺陷，即：(1) 无人机需要获取地面通信用户利用自身的 GPS 功能测量自己的位置，然而 GPS 信号并不是时刻可用且依赖 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用户，现有的一些算法是无法使用的；(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。在多无人机中继通信的场景中，本发明提供的搜寻方法使用机载单天线，且无需知道地面通信单元的位置信息，无人机只利用目的端反馈的单比特信息依然能够在给定运动轨迹范

围内找到最佳的无人机中继通信位置，应用场景扩大。为了使无人机在运动过程中尽快收敛到最佳通信位置，在收敛的初始阶段，通过对累积正反馈信息的充分利用，使用大步长加快收敛速度，加快了算法的收敛速度。在收敛后期阶段，通过对连续负反馈信息的充分利用，使用小步长加快收敛速度。

基于上述原理，本发明提供了如图 1 所示的一种多移动中继最佳通信位置的搜寻方法，步骤包括：

S1，各移动中继在固定轨道的任意位置上，接收来自源端发送的训练序列，并传输至目的端。具体的，在本步骤中，进行最佳中继通信位置搜寻前，将各移动中继放在不同轨道上来初始其位置信息，以该位置为初步最佳位置，然后在后续的搜寻过程中不断更新其已知最佳位置，各移动中继运行的轨道之间没有交集，并通过陀螺仪保持移动中继在各自轨道上运行。

S2，所述目的端接收来自各移动中继的独立衰落信号并进行最大比合并，然后在每一时隙根据合并结果生成单比特信息广播反馈至所有的移动中继；所述独立衰落信号为所述训练序列经过衰落后到达目的端的信号。具体的，在本步骤中，合并结果与已知最佳性能进行比较，以判断性能是否提高，性能可以是信噪比或误码率，反馈至所有移动中继的单比特信息表示接收信号性能是否提高，在实际应用中，所述单比特信息，一般以 1 表示接收信号性能提高，0 表示接收信号性能未提高。

S3，各移动中继记录当前位置信息并根据所述单比特信息进行计算，根据计算结果进行位置移动，并返回步骤 S1，最终确定最佳中继通信位置。具体的，在本步骤中，各移动中继记录当前位置信息，根据所述单比特信息进行计算同时引入修正因子、累积正反馈计数器、连续负反馈计数器和阈值修正机制，然后各移动中继根据计算结果变换运动步长和方向进行位置移动，并返回步骤 S1，最终确定最佳中继位置。最终确定的最佳中继通信位置，可以通过有限时间长度或者通信性能满足系统要求来进行确定。

但实际应用中，作为移动中继的可以为无人机，也可以为热气球、卫星等，

在本实施例中，使用无人机作为移动中继，通过图 2 至图 8 对本发明进行进一步的阐述。

如图 2 所示，在本发明实施例提供的一种使用多无人机作为移动中继最佳位置的搜寻系统，包括源端、若干无人机和目的端；所述源端，用于发送训练序列至所述无人机；所述无人机，用于将接收到的训练序列传输至所述目的端进行计算；所述训练序列在传输过程中经衰落后以独立衰落信号的形式被所述目的端接收；所述目的端，用于根据接收到的独立衰落信号进行最大比合并，然后在每一时隙根据合并结果生成单比特信息反馈至所有无人机；所述无人机记录位置信息并根据所述单比特信息进行计算，根据计算结果进行位置移动，并实时将所述源端发送的序列信息传输至所述目的端进行计算，最终确认最佳中继通信位置。在具体应用中，源端和目的端可以进行功能上的相互切换，即：在实施过程中，源端和目的端同时具备发送训练时序和进行信号处理等功能。

在图 2 提供的柱坐标系中的三个坐标变量是 (r, θ, z) 。其中 r 为无人机在 xoy 平面上的运动半径， θ 为从正 z 轴来看自 x 轴按逆时针方向转到 OR_i' 所转过的角， OR_i' 为无人机在 xy 平面的投影， z 为无人机的高度。特别的，在图 2 中：

①、无人机运动的固定步长 $\delta(n) = \pm \delta_0$ ， $\delta(n) = +\delta_0$ 表示逆时针方向移动， $\delta(n) = -\delta_0$ 表示顺时针方向移动。

②、无人机在高度为 z ，半径为 r 的圆周上移动，圆心坐标 $O(0, 0, z)$ ，源端坐标 $S(x_s, y_s, z_s)$ ，目的端坐标 $D(x_d, y_d, z_d)$ 。

③、第 i 个无人机在 n 时刻的坐标为 $R_i(r_i, \theta_i(n), z)$ ，那么第 i 个无人机在 $n+1$ 时刻的坐标 $R_i(r_i, \theta_i(n+1), z)$ 。

④、柱坐标系 (r, θ, z) 与空间直角坐标系 (x, y, z) 的转换关系如下：

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

⑤、 n 时刻第 i 个无人机 $R_i(r_i, \theta_i(n), z)$ 离源端 S 与目的端 D 的通信距离分别是：

$$\begin{cases} d_{1i}(n) = \sqrt{(r_i \cos \theta_i(n), r_i \sin \theta_i(n), z) - (x_s, y_s, z_s)} = \sqrt{(r_i \cos \theta_i(n) - x_s)^2 + (r_i \sin \theta_i(n) - y_s)^2 + (z - z_s)^2}; \\ d_{2i}(n) = \sqrt{(r_i \cos \theta_i(n), r_i \sin \theta_i(n), z) - (x_d, y_d, z_d)} = \sqrt{(r_i \cos \theta_i(n) - x_d)^2 + (r_i \sin \theta_i(n) - y_d)^2 + (z - z_d)^2}; \end{cases}$$

3.多无人机中继通信过程

1) : **第一跳通信**: 源端 $S \rightarrow R_i$, R_i 表示第 i 个无人机;

$$y_{R_i} = x\sqrt{P_S}L_{S,R_i} + n_1 \quad (1)$$

x 是源端 S 发射单位平均功率信号, n_1 是 $E[|n_1|^2] = N_{01}$ 的加性高斯白噪声。

$L_{S,R_i} = \frac{\lambda}{4\pi d_{1i}(n)}$ 是第一跳信道源端 S 到无人机中继 R_i 的自由空间路径损耗, λ 是

载波波长, P_S 是发射功率。

2) : **第二跳通信**: $R_i \rightarrow D$, 其中, R_i 表示第 i 个无人机, D 表示目的端;

$$\begin{aligned} y_{D_i} &= y_{R_i} G_i L_{R_i,D} + n_2 \\ &= x\sqrt{P_S} G_i L_{S,R_i} L_{R_i,D} + n_1 G_i L_{R_i,D} + n_2 \\ &= x\sqrt{P_{R_i}} L_{R_i,D} + n_1 \sqrt{\frac{P_{R_i}}{P_S}} \frac{L_{R_i,D}}{L_{S,R_i}} + n_2 \end{aligned} \quad (2)$$

G_i 是中继 R_i 对信号的增益, n_2 是 $E[|n_2|^2] = N_{02}$ 的加性高斯白噪声。

$L_{R_i,D} = \frac{\lambda}{4\pi d_{2i}(n)}$ 是第二跳信道的自由空间路径损耗。

其中增益 G_i 如下: (P_{R_i} 是 R_i 的输出功率)

$$G_i = \sqrt{\frac{P_{R_i}}{P_S |L_{S,R_i}|^2}} \quad (3)$$

因此, 每条支路最终的端到端信噪比为:

$$\gamma_{D_i} = \frac{P_S G_i^2 |L_{S,R_i}|^2 |L_{R_i,D}|^2}{N_{01} G_i^2 |L_{R_i,D}|^2 + N_{02}} = \frac{\gamma_{1i} \gamma_{2i}}{\gamma_{1i} + \gamma_{2i}} \quad (4)$$

其中:

$$\gamma_{1i} = \frac{P_S |L_{S,R_i}|^2}{N_{01}}$$

$$\gamma_{2i} = \frac{P_{R_i} |L_{R_i,D}|^2}{N_{02}}$$

3)：目的端进行最大比合并

设来自 k 个无人机的 k 路独立衰落信号分别为 $y_{D_1}, y_{D_2}, \dots, y_{D_k}$ ，则合并后输出为：

$$y_D = \alpha_1 y_{D_1} + \alpha_2 y_{D_2} + \dots + \alpha_k y_{D_k} = \sum_{i=1}^k \alpha_i y_{D_i} \quad (5)$$

式中， $\alpha_i = \frac{A_i}{\sigma_i^2}$ 为第 i 条支路的加权系数，其中 A_i 为第 i 条支路的信号幅度， σ_i^2 为第 i 条支路噪声的平均功率。

目的端对接收到的信号进行最大比合并后，则比较当前时隙与上一时隙的性能，若是提高了则进行单比特的正反馈，若是降低了则进行单比特的负反馈。

如图 3 所示，为本发明实施例提供的一种基于变步长的使用多无人机作为移动中继最佳通信位置搜寻方法的详细步骤图，其中包括：

步骤 A，各无人机记录其当前位置，以当前位置为初步最佳位置，所述初步最佳位置用 $\theta_i(n)$ 表示， i 表示第 i 个无人机， n 表示第 n 个时隙；

步骤 B，各无人机根据所述单比特信息在每个迭代时隙变更运动步长和方向，变换后的运动步长包括随机扰动步长加修正因子；

步骤 C，各无人机根据变更后的运动步长计算下一时刻位置，根据计算出的下一时刻位置进行位置移动，返回步骤 S1，接收来自源端发射的训练序列，并传输至目的端；

以 $\varphi_i(n+1)$ 表示所述下一时刻位置，以 $\delta_i(n)$ 所述随机扰动步长， $\xi_i(n)$ 表示修正因子，则： $\varphi_i(n+1) = \theta_i(n) + \delta_i(n) + \xi_i(n)$ ；

步骤 D，目的端计算最大比合并后信号的信噪比强度，根据计算出的信噪比强度的结果与已知的最佳接收信号的信噪比强度相比，并且更新内存中的最

佳接收信号信噪比强度，然后目的端广播反馈单比特信息给所有无人机，所述单比特信息包括接收信号性能是否提高的信息；所述单比特信息以 1 表示接收信号性能提高，以 0 表示接收信号性能未提高。

步骤 E，各无人机根据反馈的单比特信息进行计算并变换运动步长和方向，更新已知位置并存储，最终确定最佳已知位置，以该最佳已知位置作为最佳中继通信位置。

进一步地，所述步骤 E 具体包括：

步骤 E1，各无人机对所述单比特信息进行判断；

步骤 E2，在判断为接收信号性能提高时，累积正反馈计数器加 1，修正因子清零和连续负反馈计数器清零，并判断累积正反馈计数器是否达到预设的累积正反馈阈值；

步骤 E3，若判断步骤 E2 中的累积正反馈计数器达到预设的累积正反馈阈值，则累积正反馈计数器清零，并且增大运动步长和增大累积正反馈阈值并返回步骤 C；

步骤 E4，若判断步骤 E2 中的累积正反馈计数器未达到预设的累积正反馈阈值，则返回步骤 C；

步骤 E5，在判断为接收信号性能未提高时，无人机返回上一时隙的位置，同时连续负反馈计数器加 1，修正因子修改为上一时隙的运动步长的相反数，并判断连续负反馈计数器是否达到预设的连续负反馈阈值；

步骤 E6，若判断步骤 E5 中的连续负反馈计数器达到预设的连续负反馈阈值，则累积正反馈计数器和连续负反馈计数器清零，并且减小运动步长和减小连续负反馈计数器阈值并返回步骤 C；

步骤 E7，若判断步骤 E5 中的连续负反馈计数器未达到预设的连续负反馈阈值，则返回步骤 C。

下面进行详细的阐述：

1) 第 i 个无人机在内存中记录其最佳已知位置 $\theta_i(n)$ ，并使用陀螺仪使无人

机保持固定的运动轨迹，即让无人机调整其偏向角，进行圆形运动，每个迭代时隙增加一个随机扰动 $\delta_i(n) = \pm \delta_0$ 。同时引入了修正因子 $\xi_i(n)$ 、累积正反馈计数器 C_P 和连续负反馈计数器 C_N 及阈值修正机制， δ_0 为本算法的变扰动步长， n 表示时隙， i 表示第 i 个无人机。

2) 第 i 个无人机计算它的下一时刻位置： $\varphi_i(n+1) = \theta_i(n) + \delta_i(n) + \xi_i(n)$ 。

3) 目的端的接收机测量最大比合并后信号的信噪比强度 $SNR_{MRC}(n)$ ，而已知的最佳最大比合并后信号的信噪比强度为 $SNR_{MRC_best}(n)$ ，然后更新内存中的最佳接收信号信噪比强度，更新规则为 $SNR_{MRC_best}(n+1) = \max(SNR_{MRC_best}(n), SNR_{MRC}(n))$ 。随后接收机反馈单比特的信息给所有无人机，以此表明接收信号性能否提高。

4) 第 i 个无人机根据反馈回来的单比特信息，更新自己的最佳已知位置 $\theta_i(n)$ ，更新规则如下：

```

if  $SNR_{MRC}(n) > SNR_{MRC\_best}(n)$ 
     $\theta_i(n+1) = \theta_i(n) + \delta_i(n) + \xi_i(n)$ ;
     $\xi_i(n+1) = 0; C_N = 0$ ;
     $C_P = C_P + 1$ ;
    if  $C_P \geq C_{T1}$ 
         $C_P = 0; \delta_0 = \delta_0 \bullet R_I$ ;
         $C_{T1} = C_{T1} + \Delta_{T1}$ ;
    end
else
     $\theta_i(n+1) = \theta_i(n); \xi_i(n+1) = -\delta_i(n)$ ;
     $C_N = C_N + 1$ ;
    if  $C_N \geq C_{T2}$ 
         $C_N = 0; \delta_0 = \delta_0 \bullet R_D$ ;
         $C_P = 0; C_{T2} = C_{T2} - \Delta_{T2}$ ;
    end
end
end

```

上述式子中， C_{T1} 表示累积正反馈阈值， C_{T2} 表示连续负反馈阈值， R_I 是步长放大因子， R_D 是步长缩小因子， Δ_{T1} 是累积正反馈阈值增大因子， Δ_{T2} 是连续负反馈阈值减小因子。

接下来,通过具体的仿真实验对本发明进行进一步的解释:

多无人机中继最佳通信位置仿真如下:

初始步长: $\delta(1) = \frac{\pi}{16}$, $C_{T1} = 3, C_{T2} = 7, \Delta_{T1} = 0.3, \Delta_{T2} = 0.3, R_I = 1.1, R_D = 0.75$;

(1) 以信噪比为基准表示通信性能的好坏,也就是公式(4)和(5)

源的位置坐标: $(x_s, y_s, z_s) = (0, -700, 1)$

目的端的位置坐标: $(x_d, y_d, z_d) = (0, 800, 1)$

无人机 1, 无人机 2, 无人机 3 的位置坐标: $(r_1, \theta_1(n), z) = (500, \theta_1(n), 30)$,
 $(r_2, \theta_2(n), z) = (300, \theta_2(n), 30)$, $(r_3, \theta_3(n), z) = (100, \theta_3(n), 30)$, 无人机-MRC 表示进行最大
 比合并。

各无人机初始位置 $\theta_1(0) = 0, \theta_2(0) = \frac{\pi}{2}, \theta_3(0) = \pi$ 。

图 4 横轴表示 $\theta_i(n)$, 纵轴表示与 $\theta_i(n)$ 相对应的该中继位置的端到端信噪比 γ ;

图 5 横轴表示多无人机搜寻最佳位置过程中花费的时隙数, 纵轴表示端到端信噪比 γ , 如无人机-MRC 可以看到在搜寻到第 80 个时隙时就找到了 8dB 的位置, 在第 160 个时隙找到了最佳的中继通信位置, 也就是图 4 中的极大值点和图 6 中的无人机对应的位置。图 6 横轴表示多无人机搜寻最佳位置过程中花费的时隙数, 纵轴表示在该时隙时对应的各无人机的位置。

(2) 以误码率为基准表示通信性能的好坏

源的位置坐标: $(x_s, y_s, z_s) = (0, -700, 1)$

目的端的位置坐标: $(x_d, y_d, z_d) = (0, 800, 1)$

无人机 1, 无人机 2, 无人机 3 的位置坐标: $(r_1, \theta_1(n), z) = (500, \theta_1(n), 30)$,
 $(r_2, \theta_2(n), z) = (300, \theta_2(n), 30)$, $(r_3, \theta_3(n), z) = (100, \theta_3(n), 30)$, 无人机-MRC 表示进行最大
 比合并。

$C_{T1} = 2, C_{T2} = 9, \Delta_{T1} = 0.3, \Delta_{T2} = 0.3, R_I = 1.8, R_D = 0.78$;

图 7 横轴表示 $\theta_i(n)$ ，纵轴表示与 $\theta_i(n)$ 相对应的该中继位置的端到端误码率；

图 8 横轴表示多无人机搜寻最佳位置过程中花费的时隙数，纵轴表示端到端误码率，如无人机-MRC 在搜寻到第 160 个时隙时算法基本收敛结束，也就是找到了图 7 中的极小值点。

通过本发明提供的算法对于初始小步长扰动的收敛效果十分有利，即在算法收敛前期和后期都能加速收敛到最佳中继通信位置。

由算法的步骤可知，由于引入了累积正反馈计数器 C_p ，当其累积到设定的累积正反馈阈值 C_{T1} 时，便会增大扰动运动步长 δ_0 ，增大的倍数为 R_l 倍，这样会使得算法在收敛前期的收敛速度得到提高。本发明在循环搜寻过程中慢慢地接近最佳中继位置，最后找到最佳中继位置，即接收信号强度最高的位置即为最佳中继位置。

新算法中，连续负反馈计数器 C_N 的连续负反馈阈值 C_{T2} 在每减小一次扰动运动步长 δ_0 时都会减小一个固定值 Δ_{T2} ，这样会使得算法在收敛后期的收敛速度得到提高。

该算法对于任意大小的初始扰动运动步长值都是适用的。

本发明属于无线通信技术领域，可以被应用来搜寻多中继最佳通信位置，提高中继通信的性能。本方法适用于增强多轨道运动的中继。潜在的应用领域有：临时通信系统的搭建、灾害现场的通信连接等。

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

权 利 要 求 书

1、一种多移动中继最佳通信位置的搜寻方法，其特征在于，所述搜寻方法的步骤包括：

步骤 A，各移动中继在固定轨道的任意位置上，接收来自源端发送的训练序列，并传输至目的端；

步骤 B，所述目的端接收来自各移动中继的独立衰落信号并进行最大比合并，然后在每一时隙根据合并结果生成单比特信息广播反馈至所有的移动中继；所述独立衰落信号为所述训练序列经过衰落后到达目的端的信号；

步骤 C，各移动中继记录当前位置信息并根据所述单比特信息计算，根据计算结果进行位置移动，并返回步骤 A，最终确定最佳中继通信位置

2、如权利要求 1 所述的搜寻方法，其特征在于，步骤 A 中，进行最佳中继通信位置搜寻前，将各移动中继放在不同轨道上来初始其位置信息，接收来自源端发射的训练序列，并传输至目的端；各移动中继运行的轨道之间没有交集，并通过陀螺仪保持移动中继在各自轨道上运行。

3、如权利要求 1 所述的搜寻方法，其特征在于，步骤 B 中，以 $y_{D_1}, y_{D_2}, \dots, y_{D_k}$ 表示目的端接收来自 k 个移动中继的 k 路独立衰落信号，经最大比合并后输出合并信号，以 y_D 表示所述合并信号，则：

$$y_D = \alpha_1 y_{D_1} + \alpha_2 y_{D_2} + \dots + \alpha_k y_{D_k} = \sum_{i=1}^k \alpha_i y_{D_i}, \text{ 其中, } i \text{ 表示第 } i \text{ 个移动中继,}$$

$\alpha_i = \frac{A_i}{\sigma_i^2}$ 为第 i 条支路的加权系数，其中 A_i 为第 i 条支路的信号幅度， σ_i^2 为第 i 条支路噪声的平均功率， $0 \leq i \leq k$ 。

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，各移动中继使用陀螺仪保持固定的运动轨迹和进行位置的移动，根据所述单比特信息进行计算同时引入修正因子、累积正反馈计数器、连续负反馈计数器和阈值修正机制，然后各移动中继根据计算结果变换运动步长和方向进行位置移动，并

返回步骤 A。

5、如权利要求 4 所述的搜寻方法，其特征在于，所述步骤 C 具体包括：

步骤 C1，各移动中继记录其当前位置，以当前位置为初步最佳位置，所述初步最佳位置用 $\theta_i(n)$ 表示， i 表示第 i 个移动中继， n 表示第 n 个时隙；

步骤 C2，各移动中继根据所述单比特信息在每个迭代时隙变更运动步长，变换后的运动步长包括随机扰动步长加修正因子；

步骤 C3，各移动中继根据变更后的运动步长计算下一时刻位置，各移动中继根据所述下一时刻位置进行位置移动，返回步骤 A，接收来自源端发射的训练序列，并传输至目的端；

以 $\varphi_i(n+1)$ 表示所述下一时刻位置，以 $\delta_i(n)$ 所述随机扰动步长， $\xi_i(n)$ 表示修正因子，则： $\varphi_i(n+1) = \theta_i(n) + \delta_i(n) + \xi_i(n)$ ；

步骤 C4，目的端计算最大比合并后信号的信噪比强度，根据计算出的信噪比强度的结果与已知的最佳接收信号的信噪比强度相比，并且更新内存中的最佳接收信号信噪比强度，然后目的端广播反馈单比特信息给所有移动中继，所述单比特信息包括接收信号性能是否提高的信息；

步骤 C5，各移动中继根据反馈的单比特信息进行计算并变换运动步长和方向，更新已知位置并存储，最终确定最佳已知位置，以该最佳已知位置作为最佳中继通信位置。

6、如权利要求 5 所述的搜寻方法，其特征在于，所述步骤 C5 具体包括：

步骤 C51，各移动中继对所述单比特信息进行判断；

步骤 C52，在判断为接收信号性能提高时，累积正反馈计数器加 1，修正因子清零和连续负反馈计数器清零，并判断累积正反馈计数器是否达到预设的累积正反馈阈值；

步骤 C53，若判断步骤 C52 中的累积正反馈计数器达到预设的累积正反馈阈值，则累积正反馈计数器清零，并且增大运动步长和增大累积正反馈阈值并返回步骤 C3；

步骤 C54, 若判断步骤 C52 中的累积正反馈计数器未达到预设的累积正反馈阈值, 则返回步骤 C3;

步骤 C55, 在判断为接收信号性能未提高时, 移动中继返回上一时隙的位置, 同时连续负反馈计数器加 1, 修正因子修改为上一时隙的运动步长的相反数, 并判断连续负反馈计数器是否达到预设的连续负反馈阈值;

步骤 C56, 若判断步骤 C55 中的连续负反馈计数器达到预设的连续负反馈阈值, 则累积正反馈计数器和连续负反馈计数器清零, 并且减小运动步长和减小连续负反馈计数器阈值并返回步骤 C3;

步骤 C57, 若判断步骤 C55 中的连续负反馈计数器未达到预设的连续负反馈阈值, 则返回步骤 C3。

7、一种多移动中继最佳通信位置的搜寻系统, 其特征在于, 所述搜寻系统包括源端、若干移动中继和目的端;

所述源端, 用于发送训练序列至所述中继;

所述移动中继, 用于将接收到的训练序列传输至所述目的端进行计算; 所述训练序列在传输过程中经衰落后以独立衰落信号的形式被所述目的端接收;

所述目的端, 用于根据接收到的独立衰落信号进行最大比合并, 然后在每一时隙根据合并结果生成单比特信息反馈至所有移动中继; 所述移动中继记录位置信息并根据所述单比特信息进行计算, 根据计算结果进行位置移动, 并实时将所述源端发送的序列信息传输至所述目的端进行计算, 最终确认最佳中继通信位置。

8、如权利要求 7 所述的搜寻系统, 其特征在于, 进行最佳中继通信位置搜寻前, 将各移动中继放在不同轨道上来初始其位置信息, 接收来自源端发射的训练序列, 并传输至目的端; 各移动中继运行的轨道之间没有交集, 并通过陀螺仪保持移动中继在各自轨道上运行。

9、如权利要求 7 所述的搜寻系统, 其特征在于, 以 $y_{D_1}, y_{D_2}, \dots, y_{D_k}$ 表示目的端接收来自 k 个移动中继的 k 路独立衰落信号, 经最大比合并后输出合并信号,

以 y_D 表示所述合并信号，则：

$$y_D = \alpha_1 y_{D_1} + \alpha_2 y_{D_2} + \dots + \alpha_k y_{D_k} = \sum_{i=1}^k \alpha_i y_{D_i}, \text{ 其中, } i \text{ 表示第 } i \text{ 个移动中继,}$$

$\alpha_i = \frac{A_i}{\sigma_i^2}$ 为第 i 条支路的加权系数，其中 A_i 为第 i 条支路的信号幅度， σ_i^2 为第 i

条支路噪声的平均功率， $0 \leq i \leq k$ 。

10、如权利要求 7 所述的搜寻系统，其特征在于，各移动中继使用陀螺仪保持固定的运动轨迹和进行位置的移动，根据所述单比特信息进行计算同时引入修正因子、累积正反馈计数器、连续负反馈计数器和阈值修正机制，然后各移动中继根据计算结果变换运动步长和方向进行位置移动，并实时接收来自源端发射的训练序列，并传输至目的端。

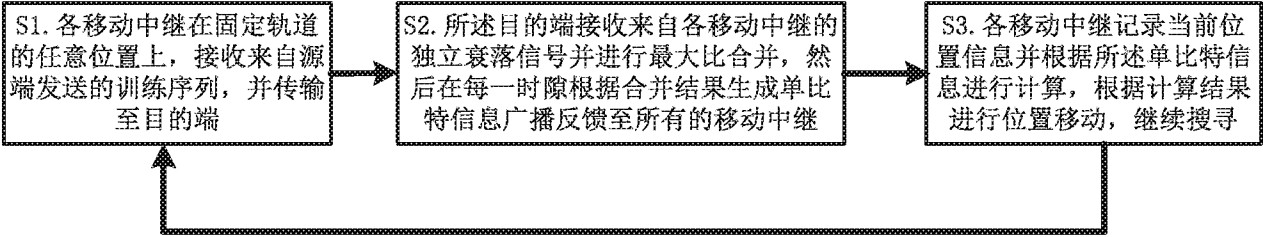


图 1

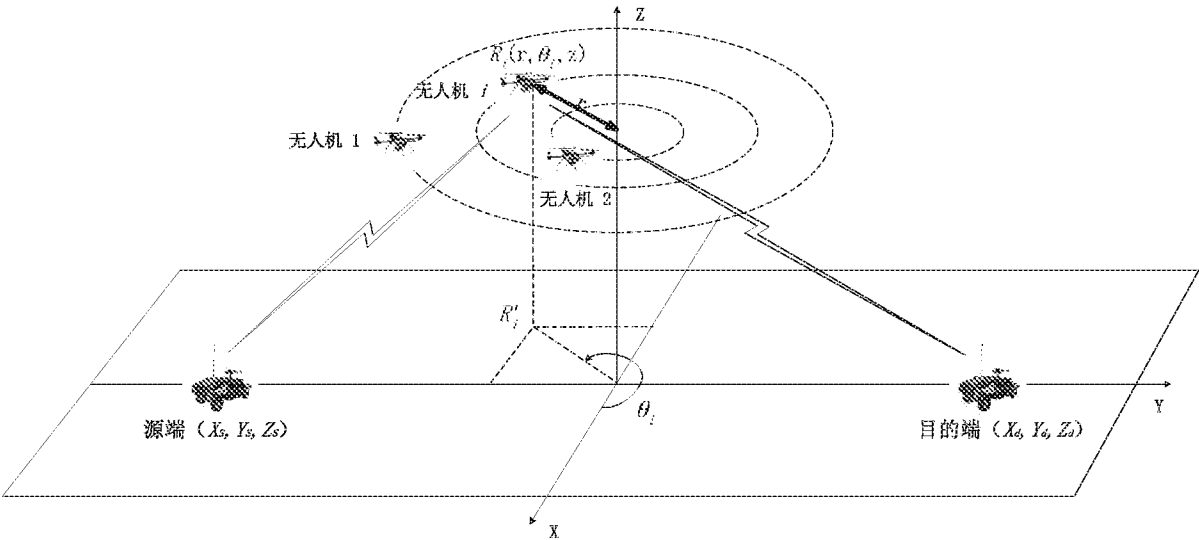


图 2

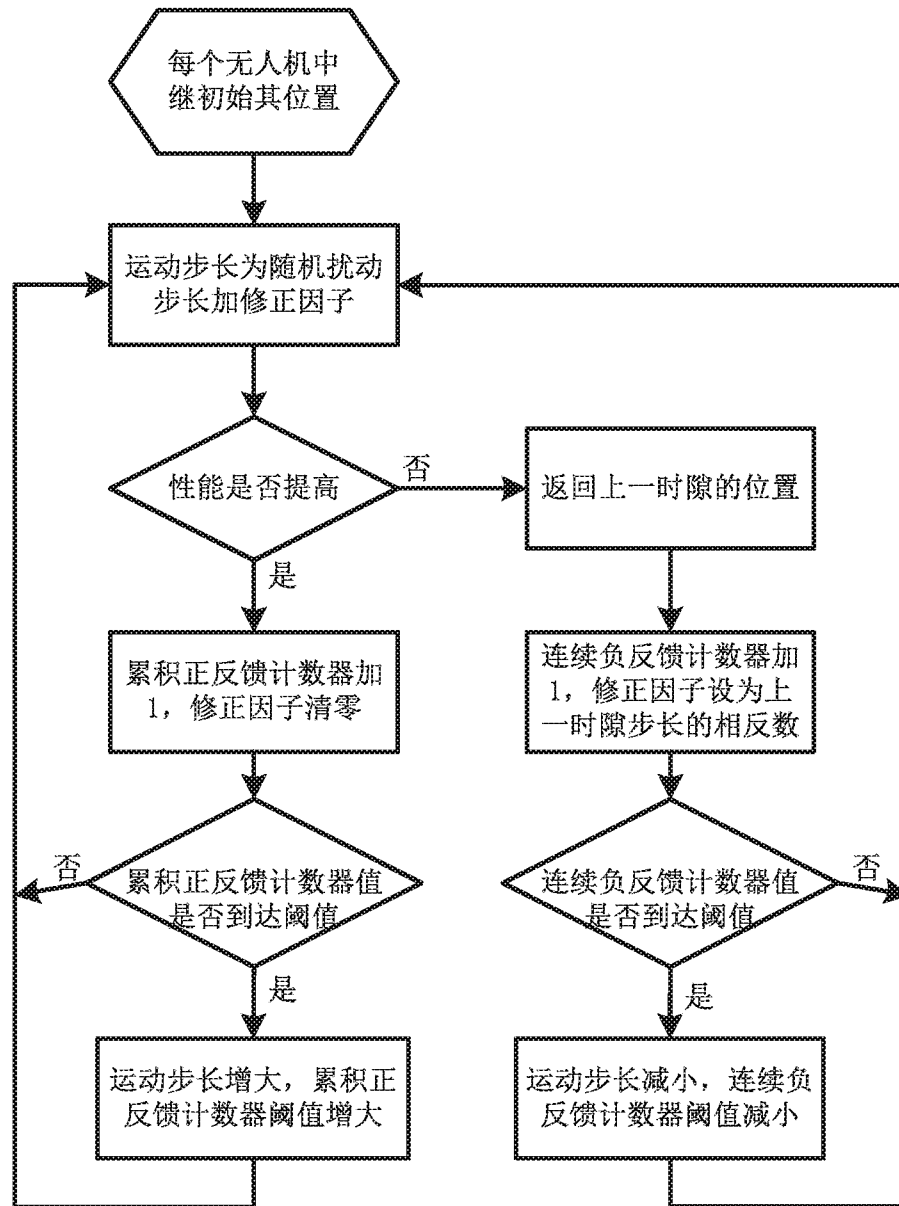


图 3

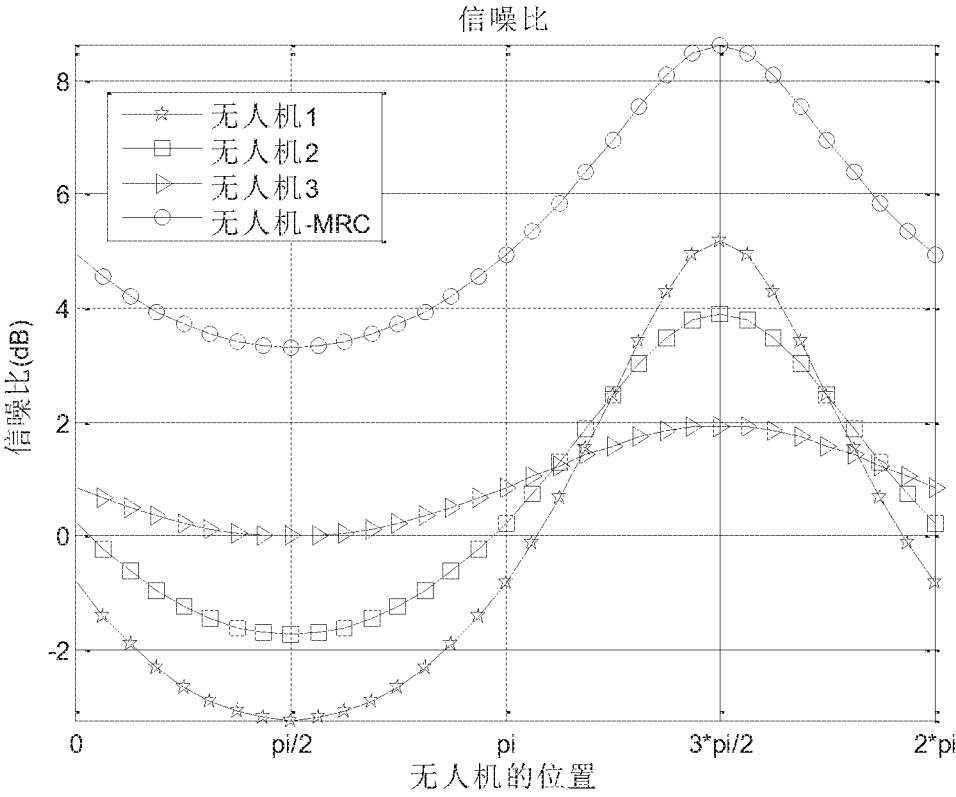


图 4

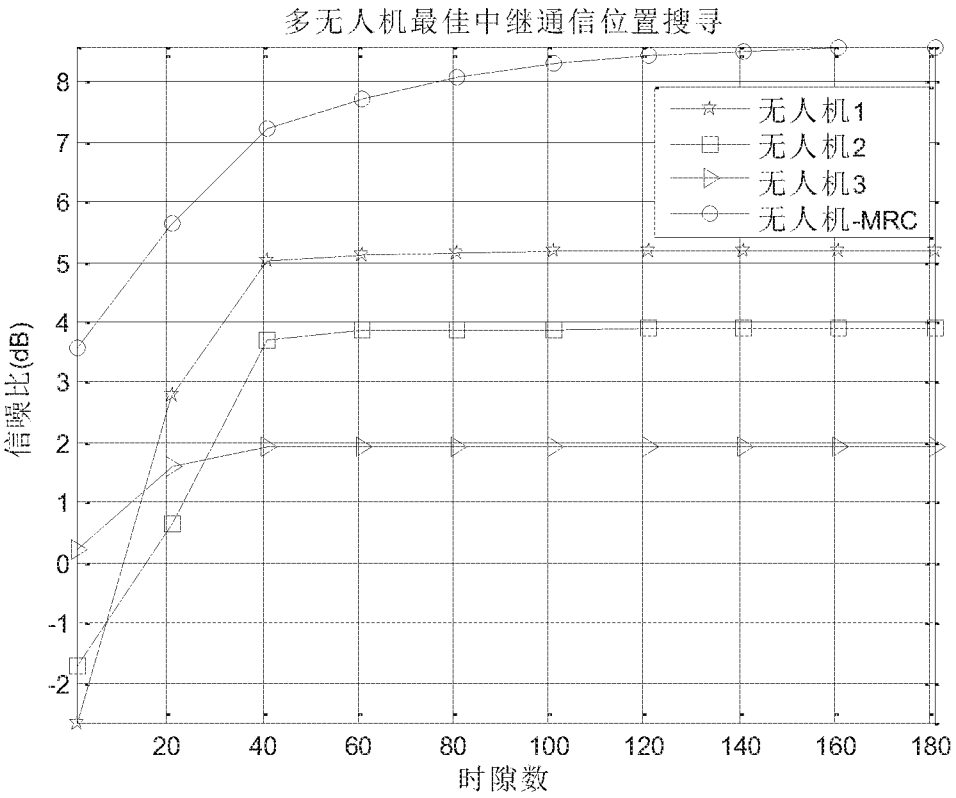


图 5

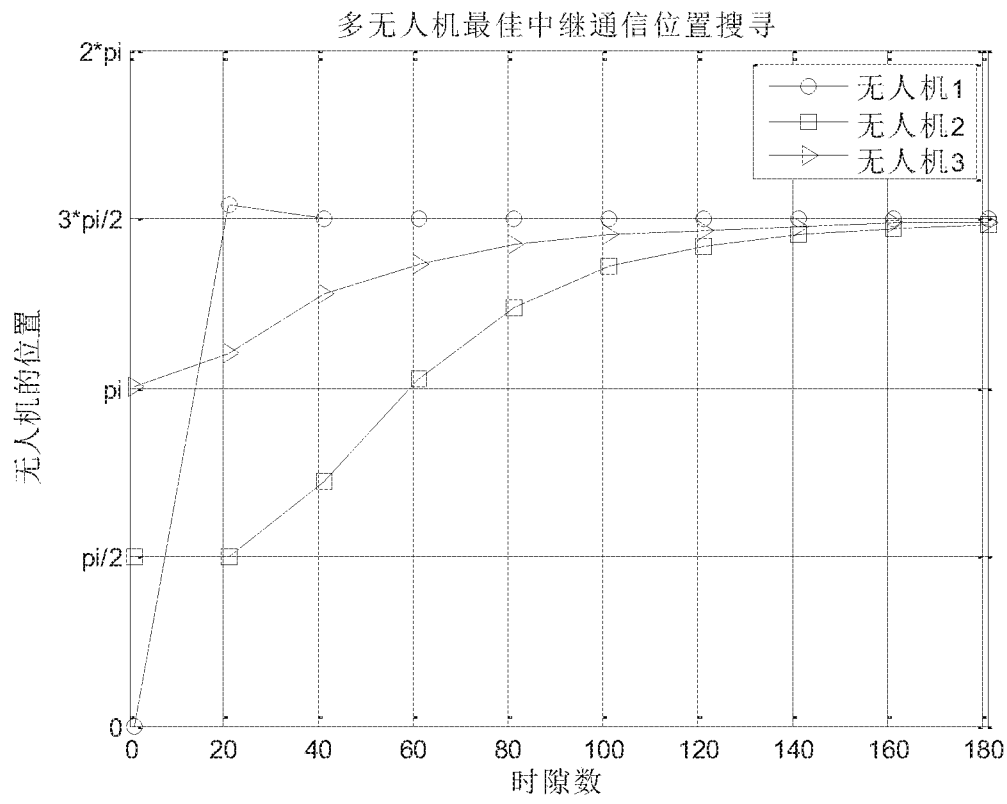


图 6

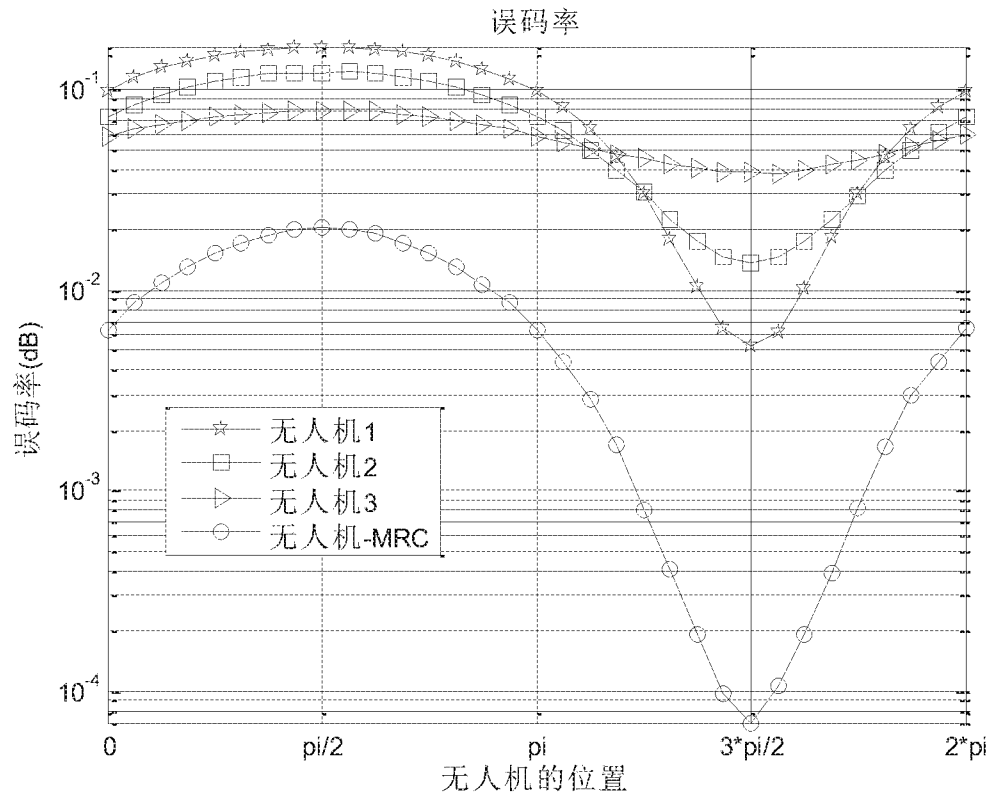


图 7

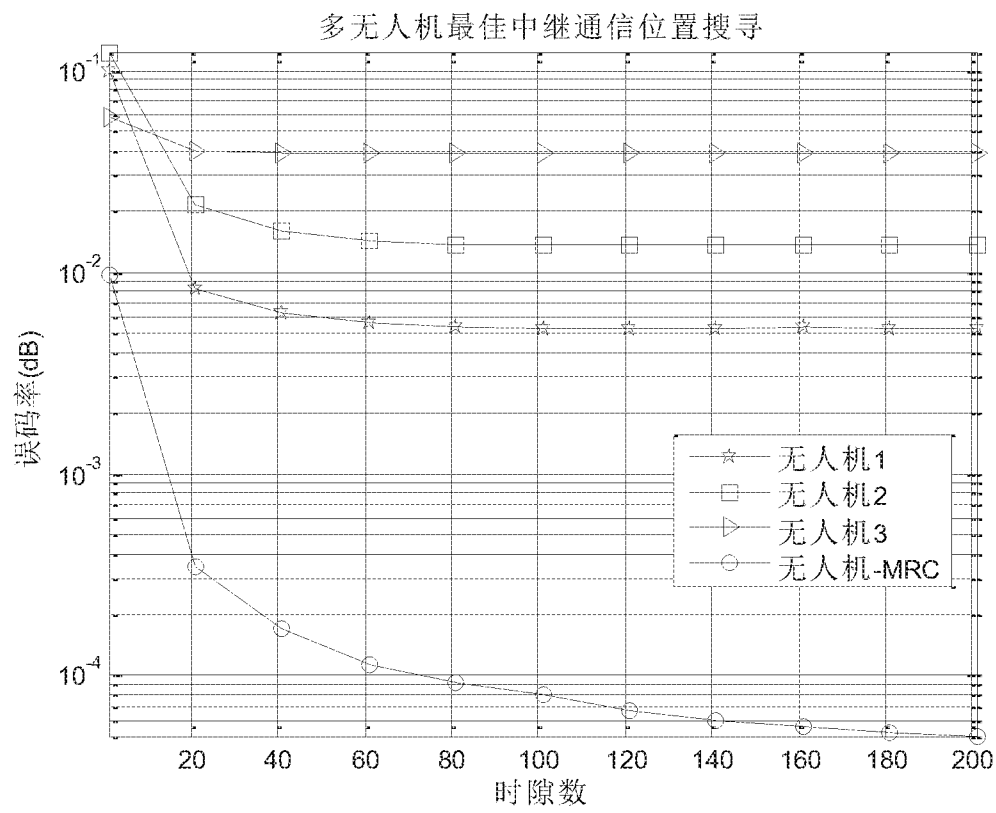


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/096736

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W 40/22 (2009.01) i; H04W 64/00 (2009.01) n

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 H04L

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: mobile, excellent, step length, signal to noise ratio, bit error rate, relay, UAV, unmanned aerial vehicle, position, location, best, optimal, optimum, feedback, step, SNR, SER, 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 105554842 A (SHENZHEN UNIVERSITY), 04 May 2016 (04.05.2016), claims 1-10	1-10
A	CN 101646178 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 10 February 2010 (10.02.2010), the whole document	1-10
A	CN 103841572 A (SHENZHEN YUNTONE SHIDAI TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD.), 04 June 2014 (04.06.2014), the whole document	1-10
A	CN 104333147 A (BEIJING ZHIGU RUITUO TECHNOLOGY SERVICE CO., LTD.), 04 February 2015 (04.02.2015), the whole document	1-10
A	WO 2015148262 A1 (AMAZON TECH 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 12 August 2016 (12.08.2016)	Date of mailing of the international search report 31 August 2016 (31.08.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer LI, Ren Telephone No.: (86-10) 62413242

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/096736

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CHOI, D.H. et al., "Low-complexity Maneuvering Control of a UAV-based Relay without Location Information of Mobile Ground Nodes", 2014 IEEE SYMPOSIUM ON COMPUTERS AND COMMUNICATIONS (ISCC), 26 June 2014 (26.06.2014), ISSN: 1530-1346, sections I and IV	1, 7
A	CHAMSEDDINE, A. et al., "Optimal Position Seeking for Unmanned Aerial Vehicle Communication Relay Using Only Signal Strength and Angle of Arrival", 53RD IEEE CONFERENCE ON DECISION AND CONTROL, 17 December 2014 (17.12.2014), the whole document	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), the whole document	1-10

International application No.
PCT/CN2015/096736

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/096736

A. 主题的分类

H04W 40/22 (2009.01)i; H04W 64/00 (2009.01)n

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. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

H04W H04Q H04L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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))

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI, IEEE: 移动, 中继, 无人机, 位置, 定位, 极佳, 最佳, 最优, 最好, 反馈, 步长, 信噪比, 误码率, 比特, 轨道, relay, UAV, unmanned aerial vehicle, position, location, best, optimal, optimum, feedback, step, SNR, SER, bit, path, track

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
E	CN 105554842 A (深圳大学) 2016年 5月 4日 (2016 - 05 - 04) 权利要求1-10	1-10
A	CN 101646178 A (华为技术有限公司) 2010年 2月 10日 (2010 - 02 - 10) 全文	1-10
A	CN 103841572 A (深圳市云通时代科技发展有限公司) 2014年 6月 4日 (2014 - 06 - 04) 全文	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) 全文	1-10
A	WO 2015148262 A1 (AMAZON TECH INC) 2015年 10月 1日 (2015 - 10 - 01) 全文	1-10

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“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)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“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

“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

“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

“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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2016年 8月 12日

国际检索报告邮寄日期

2016年 8月 31日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

受权官员

李韧

传真号 (86-10) 62019451

电话号码 (86-10) 62413242

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CHOI, Dae Hyung等. "Low-complexity Maneuvering Control of a UAV-based Relay without Location Information of Mobile Ground Nodes" 2014 IEEE Symposium on computers and communications (ISCC), 2014年 6月 26日 (2014 - 06 - 26), ISSN: 1530-1346, 第I, IV节	1, 7
A	CHAMSEDDINE, Abbas等. "Optimal Position Seeking for Unmanned Aerial Vehicle Communication Relay using Only Signal Strength and Angle of Arrival" 53rd IEEE conference on decision and control, 2014年 12月 17日 (2014 - 12 - 17), 全文	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" 系统工程与电子技术, 第37卷, 第6期, 2015年 6月 30日 (2015 - 06 - 30), 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2015/096736

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	105554842	A	2016年 5月 4日	无			
CN	101646178	A	2010年 2月 10日	无			
CN	103841572	A	2014年 6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

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)