

(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
2022 年 6 月 2 日 (02.06.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/110451 A1

(51) 国际专利分类号:
G05D 1/02 (2020.01) **G01S 17/08** (2006.01)
G01C 21/20 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/139894

(22) 国际申请日: 2020 年 12 月 28 日 (28.12.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202011335627.4 2020 年 11 月 25 日 (25.11.2020) CN

(71) 申请人: 深圳市优必选科技股份有限公司
(**UBTECH ROBOTICS CORP LTD**) [CN/CN]; 中国
广东省深圳市南山区学苑大道 1001 号南山智园
C1 栋 16、22 楼, Guangdong 518000 (CN)。

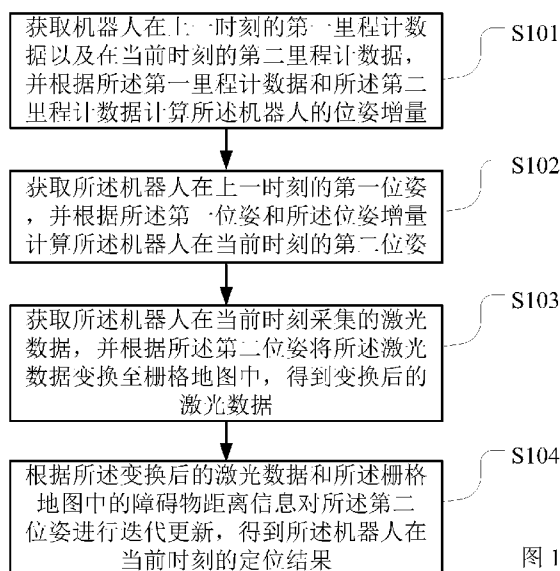
(72) 发明人: 赵云(**ZHAO, Yun**); 中国广东省深圳市南山区学苑大道 1001 号南山智园 C1 栋 16、22 楼, Guangdong 518000 (CN)。 刘志超(**LIU, Zhichao**); 中国广东省深圳市南山区学苑大道 1001 号南山智园 C1 栋 16、22 楼, Guangdong 518000 (CN)。

(74) 代理人: 深圳中一联合知识产权代理有限公司(**SHENZHEN ZHONGYI UNION INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.**); 中国广东省深圳市福田区园岭街道深南中路 1014 号报春大厦 9 楼 (5 号信箱), Guangdong 518028 (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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,

(54) **Title:** METHOD AND APPARATUS FOR POSITIONING ROBOT, COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM, AND ROBOT

(54) 发明名称: 机器人定位方法、装置、计算机可读存储介质及机器人



S101 Acquire first odometer data of a robot at a previous moment and second odometer data thereof at a current moment, and calculate a pose increment of the robot according to the first odometer data and the second odometer data

S102 Acquire a first pose of the robot at the previous moment and calculate a second pose of the robot at the current moment according to the first pose and the pose increment

S103 Acquire laser data collected by the robot at the current moment and transform the laser data into a raster map according to the second pose, to obtain transformed laser data

S104 Iteratively update the second pose according to the transformed laser data and obstacle distance information in the raster map, so as to obtain a positioning result of the robot at the current moment

(57) **Abstract:** The present invention relates to the technical field of robots, and provided therein are a method and apparatus for positioning a robot, a computer-readable storage medium, and a robot. The robot positioning method comprises: acquiring first odometer data of a robot at a previous moment and second odometer data thereof at a current moment, and calculating a pose increment of the robot according to the first odometer data and the second odometer data (S101); acquiring a first pose of the robot at the previous moment and calculating a second pose of the robot at the current moment according to the first pose and the pose increment (S102); acquiring laser data collected by the robot at the current moment, and transforming the laser data into a raster map according to the second pose, to obtain transformed laser data (S103); and iteratively updating the second pose according to the transformed laser data

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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, 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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

and obstacle distance information in the raster map, so as to obtain a positioning result of the robot at the current moment (S104). The positioning method significantly improves positioning accuracy.

(57) 摘要: 提供了一种机器人定位方法、装置、计算机可读存储介质及机器人, 属于机器人技术领域。其中该机器人定位方法包括: 获取机器人在上一时刻的第一里程计数据以及在当前时刻的第二里程计数据, 并根据第一里程计数据和第二里程计数据计算机器人的位姿增量 (S101); 获取机器人在上一时刻的第一位姿, 并根据第一位姿和位姿增量计算机器人在当前时刻的第二位姿 (S102); 获取机器人在当前时刻采集的激光数据, 并根据第二位姿将激光数据变换至栅格地图中, 得到变换后的激光数据 (S103); 根据变换后的激光数据和栅格地图中的障碍物距离信息对第二位姿进行迭代更新, 得到机器人在当前时刻的定位结果 (S104)。该定位方法显著提高了定位精度。

机器人定位方法、装置、计算机可读存储介质及机器人

本申请要求于 2020 年 11 月 25 日在中国专利局提交的、申请号为 202011335627.4 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

5 本申请属于机器人技术领域，尤其涉及一种机器人定位方法、装置、计算机可读存储介质及机器人。

背景技术

10 机器人导航定位技术是根据机器人已经建立好的地图基础上，通过传感器获取当前检测到障碍物的激光数据，并根据激光数据与地图上的障碍物匹配定位出机器人的位姿，以便后续机器人移动。但是，在现有的机器人定位方法中，定位结果的精度往往较低，难以适应各种复杂多样的应用环境。

技术问题

15 有鉴于此，本申请实施例提供了一种机器人定位方法、装置、计算机可读存储介质及机器人，以解决现有方法中定位结果的精度往往较低，难以适应各种复杂多样的应用环境的问题。

技术解决方案

本申请实施例的第一方面提供了一种机器人定位方法，可以包括：

获取机器人在上一时刻的第一里程计数据以及在当前时刻的第二里程计数据，并根据所述第一里程计数据和所述第二里程计数据计算所述机器人的位姿增量；

20 获取所述机器人在上一时刻的第一位姿，并根据所述第一位姿和所述位姿增量计算所述机器人在当前时刻的第二位姿；

获取所述机器人在当前时刻采集的激光数据，并根据所述第二位姿将所述激光数据变换至栅格地图中，得到变换后的激光数据；

25 根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息对所述第二位姿进行迭代更新，得到所述机器人在当前时刻的定位结果。

进一步地，所述根据所述第二位姿将所述激光数据变换至栅格地图中，可以包括：

根据下式将所述激光数据变换至所述栅格地图中：

$$S_i(\xi) = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_{i,x}^t \\ s_{i,y}^t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \end{pmatrix}$$

30 其中， ξ 为所述第二位姿， (p_x, p_y) 为所述第二位姿中的位置坐标， φ 为所述第二位姿中的姿态角， $(s_{i,x}^t, s_{i,y}^t)$ 为第 i 个激光点的位置坐标， $S_i(\xi)$ 为第 i 个激光点变换至所述栅格地图中的位置坐标， i 为所述激光数据中的激光点的序号， $1 \leq i \leq n$ ， n 为所述激光数据中的激光点的数目。

进一步地，所述根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息对所述第二位姿进行迭代更新，可以包括：

35 根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息计算位姿更新量；

根据所述位姿更新量对所述第二位姿进行更新，得到更新后的第二位姿；

若所述位姿更新量大于预设的阈值，则返回执行所述根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息计算位姿更新量的步骤及其后续步骤，直至所述位姿更新量小于或等于所述阈值为止；

若所述位姿更新量小于或等于所述阈值，则将最后一次更新后的第二位姿确定为所述机器人在当前时刻的定位结果。

进一步地，所述根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息计算位姿更新量，可以包括：

5 根据下式计算所述位姿更新量：

$$\Delta\xi = H^{-1}dTr$$

$$H = \sum_{i=1}^n [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]^T [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]$$

$$dTr = \sum_{i=1}^n [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]^T [1 - M(S_i(\xi))]$$

其中， $M(S_i(\xi))$ 为关于 $S_i(\xi)$ 距最近障碍物距离的预设函数， $\Delta\xi$ 为所述位姿更新量。

10 进一步地，所述预设函数可以根据下式进行设置：

$$M(S_i(\xi)) = e^{-\lambda \|S_i(\xi) - S_i^{obs}(\xi)\|}$$

其中， $S_i^{obs}(\xi)$ 为与 $S_i(\xi)$ 距离最近的障碍物在所述栅格地图中的位置坐标， λ 为预设的系数。

进一步地，所述根据所述位姿更新量对所述第二位姿进行更新，可以包括：

15 根据下式对所述第二位姿进行更新：

$$\xi' = \xi + \Delta\xi$$

其中， ξ 为所述第二位姿， $\Delta\xi$ 为所述位姿更新量， ξ' 为所述更新后的第二位姿。

进一步地，所述栅格地图中的障碍物距离信息的设置过程可以包括：

20 使用区域生长法遍历所述栅格地图中的每个栅格，将每个栅格的索引依次插入到预设的优先队列中，确定与该栅格距离最近的障碍物在所述栅格地图中的位置坐标，直至所述优先队列为空为止，得到具有障碍物距离信息的栅格地图。

本申请实施例的第二方面提供了一种机器人定位装置，可以包括：

25 位姿增量计算模块，用于获取机器人在上一时刻的第一里程计数据以及当前时刻的第二里程计数据，并根据所述第一里程计数据和所述第二里程计数据计算所述机器人的位姿增量；

位姿计算模块，用于获取所述机器人在上一时刻的第一位姿，并根据所述第一位姿和所述位姿增量计算所述机器人在当前时刻的第二位姿；

数据变换模块，用于获取所述机器人在当前时刻采集的激光数据，并根据所述第二位姿将所述激光数据变换至栅格地图中，得到变换后的激光数据；

30 位姿迭代更新模块，用于根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息对所述第二位姿进行迭代更新，得到所述机器人在当前时刻的定位结果。

进一步地，所述数据变换模块具体用于根据下式将所述激光数据变换至所述栅格地图中：

$$S_i(\xi) = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_{i,x}^t \\ s_{i,y}^t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \end{pmatrix}$$

其中, ξ 为所述第二位姿, (p_x, p_y) 为所述第二位姿中的位置坐标, φ 为所述第二位姿中的姿态角, $(s_{i,x}^t, s_{i,y}^t)$ 为第 i 个激光点的位置坐标, $S_i(\xi)$ 为第 i 个激光点变换至所述栅格地图中的位置坐标, i 为所述激光数据中的激光点的序号, $1 \leq i \leq n$, n 为所述激光数据中的激光点的数目。

进一步地, 所述位姿迭代更新模块可以包括:

位姿更新量计算单元, 用于根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息计算位姿更新量;

位姿更新单元, 用于根据所述位姿更新量对所述第二位姿进行更新, 得到更新后的第二位姿;

定位结果确定单元, 用于若所述位姿更新量小于或等于所述阈值, 则将最后一次更新后的第二位姿确定为所述机器人在当前时刻的定位结果。

进一步地, 所述位姿更新量计算单元具体用于根据下式计算所述位姿更新量:

$$\Delta \xi = H^{-1} dTr$$

$$H = \sum_{i=1}^n [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]^T [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]$$

$$dTr = \sum_{i=1}^n [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]^T [1 - M(S_i(\xi))]$$

其中, $M(S_i(\xi))$ 为关于 $S_i(\xi)$ 距最近障碍物距离的预设函数, $\Delta \xi$ 为所述位姿更新量。

所述预设函数可以根据下式进行设置:

$$M(S_i(\xi)) = e^{-\lambda \|S_i(\xi) - S_i^{obs}(\xi)\|}$$

其中, $S_i^{obs}(\xi)$ 为与 $S_i(\xi)$ 距离最近的障碍物在所述栅格地图中的位置坐标, λ 为预设的系数。

进一步地, 所述位姿更新单元具体用于根据下式对所述第二位姿进行更新:

$$\xi' = \xi + \Delta \xi$$

其中, ξ 为所述第二位姿, $\Delta \xi$ 为所述位姿更新量, ξ' 为所述更新后的第二位姿。

进一步地, 所述机器人定位装置还可以包括:

障碍物距离信息设置模块, 用于使用区域生长法遍历所述栅格地图中的每个栅格, 将每个栅格的索引依次插入到预设的优先队列中, 确定与该栅格距离最近的障碍物在所述栅格地图中的位置坐标, 直至所述优先队列为空为止, 得到具有障碍物距离信息的栅格地图。

本申请实施例的第三方面提供了一种计算机可读存储介质, 所述计算机可读存储介质存储有计算机程序, 所述计算机程序被处理器执行时实现上述任一种机器人定位方法的步骤。

本申请实施例的第四方面提供了一种机器人，包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现上述任一种机器人定位方法的步骤。

本申请实施例的第五方面提供了一种计算机程序产品，当计算机程序产品在机器人上运行时，使得机器人执行上述任一种机器人定位方法的步骤。

有益效果

本申请实施例与现有技术相比存在的有益效果是：本申请实施例获取机器人在上一时刻的第一里程计数据以及在当前时刻的第二里程计数据，并根据所述第一里程计数据和所述第二里程计数据计算所述机器人的位姿增量；获取所述机器人在上一时刻的第一位姿，并根据所述第一位姿和所述位姿增量计算所述机器人在当前时刻的第二位姿；获取所述机器人在当前时刻采集的激光数据，并根据所述第二位姿将所述激光数据变换至栅格地图中，得到变换后的激光数据；根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息对所述第二位姿进行迭代更新，得到所述机器人在当前时刻的定位结果。通过本申请实施例，能够显著提高机器人在导航定位时的定位精度，让机器人在各种复杂多样的应用环境中具有更加稳健鲁棒的定位性能。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例或现有技术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申请的一些实施例，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它的附图。

图 1 为本申请实施例中一种机器人定位方法的一个实施例流程图；

图 2 为对机器人的位姿进行迭代更新的示意图；

图 3 为本申请实施例中一种机器人定位装置的一个实施例结构图；

图 4 为本申请实施例中一种机器人的示意框图。

本发明的实施方式

为使得本申请的发明目的、特征、优点能够更加的明显和易懂，下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，下面所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而非全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例，都属于本申请保护的范围。

应当理解，当在本说明书和所附权利要求书中使用时，术语“包括”指示所描述特征、整体、步骤、操作、元素和/或组件的存在，但并不排除一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元素、组件和/或其集合的存在或添加。

还应当理解，在此本申请说明书中所使用的术语仅仅是出于描述特定实施例的目的而并不意在限制本申请。如在本申请说明书和所附权利要求书中所使用的那样，除非上下文清楚地指明其它情况，否则单数形式的“一”、“一个”及“该”意在包括复数形式。

还应当进一步理解，在本申请说明书和所附权利要求书中使用的术语“和/或”是指相关联列出的项中的一个或多个的任何组合以及所有可能组合，并且包括这些组合。

如在本说明书和所附权利要求书中所使用的那样，术语“如果”可以依据上下文被解释为“当...时”或“一旦”或“响应于确定”或“响应于检测到”。类似地，短语“如果确定”或“如果检测到[所描述条件或事件]”可以依据上下文被解释为意指“一旦确定”或“响应于确定”或“一旦检测到[所描述条件或事件]”或“响应于检测到[所描述条件或事件]”。

另外，在本申请的描述中，术语“第一”、“第二”、“第三”等仅用于区分描述，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

在本申请实施例的一种具体实现中，可以采用相关性匹配或者基于障碍物概率地图梯

度的匹配方式进行机器人定位。

相关性匹配定位方法是在机器人初始位姿估计值附近，沿该位姿的各个方向阵列，依次计算在各个阵列位姿下激光点与地图的障碍物的匹配分数，并将计算得到的最高匹配分数对应的位姿作为机器人的当前位姿。该方法类似于穷举遍历法，计算量较大，且定位精度取决于上述各个方向阵列的精度。

基于障碍物概率地图梯度的匹配定位方法则是计算激光点所在的地图上的障碍物概率变化梯度，并沿梯度方向迭代移动。由于地图障碍物概率梯度变化只有在靠近障碍物附近的地方才有较大的变化，在离障碍物一定距离之后，地图障碍物概率梯度变化很小，甚至为零，此时该基于地图障碍物梯度变化的定位方法无法输出高精度的定位结果。因此该方法依赖机器人的初始位姿精度，需要使得激光点尽可能地靠近地图障碍物。

在本申请实施例的另一种具体实现中，可以构建出基于激光点距最近障碍物的距离的残差方程来优化机器人位姿。该机器人位姿优化算法能够进行更高精度的机器人定位，同时相比其它激光定位算法，该方法克服了定位算法对机器人初始位姿敏感的问题和计算量较大的问题，使用定位运行更加稳定高效。在这一过程中，还可以基于优先队列和区域生长法相结合的方法来快速高效地计算出地图中任一位置的最近障碍物信息。

请参阅图 1，本申请实施例中一种机器人定位方法的一个实施例可以包括：

步骤 S101、获取机器人在上一时刻的第一里程计数据以及在当前时刻的第二里程计数据，并根据所述第一里程计数据和所述第二里程计数据计算所述机器人的位姿增量。

在本申请实施例中所使用的里程计数据可以为所述机器人的轮式里程计测量得到的数据，或所述机器人的惯性测量单元（Inertial Measurement Unit, IMU）测量得到的数据。

所述机器人可以每隔一定的时间间隔即执行一次定位结果的更新，此处将进行定位结果更新的时刻依次记为：时刻 1、时刻 2、...、时刻 t-1、时刻 t、时刻 t+1、...，以此类推。若当前时刻为时刻 t，则其上一时刻即为时刻 t-1，分别获取所述机器人在上一时刻的里程计数据（记为第一里程计数据）以及在当前时刻的里程计数据（记为第二里程计数据），根据两者之间的差值即可估算得到所述机器人的位姿增量。

步骤 S102、获取所述机器人在上一时刻的第一位姿，并根据所述第一位姿和所述位姿增量计算所述机器人在当前时刻的第二位姿。

具体地，可以根据下式计算所述第二位姿：

$$\xi_t = \xi_{t-1} + \Delta \xi_{t-1,t}$$

其中， ξ_{t-1} 为所述机器人在上一时刻的位姿，也即所述第一位姿， $\Delta \xi_{t-1,t}$ 为所述位姿增量， ξ_t 为所述机器人在当前时刻的位姿，也即所述第二位姿。

需要注意的是，由于传感器误差和机器人位姿误差的存在，这样计算得到的 ξ_t 只是一个估算值，并不是一个精确值，需要根据激光数据和栅格地图进行匹配，来进一步优化机器人位姿，得到更加准确的位姿。

步骤 S103、获取所述机器人在当前时刻采集的激光数据，并根据所述第二位姿将所述激光数据变换至栅格地图中，得到变换后的激光数据。

所述栅格地图是将所述机器人所在的环境划分为一系列的栅格，并在其中记录了各个栅格的状态，所述状态可以包括占据状态（即被障碍物占据）、自由状态（即未被障碍物占据）和未知状态。

所述机器人可以通过激光雷达来探测周边环境，其工作原理是向目标发射探测信号（激光），然后将接收到的从目标反射回来的信号与探测信号进行比较，作适当处理后，就可获得目标的有关信息，从而对目标进行探测、跟踪和识别。一般地，所述机器人可以

按照预先设定的一个数据采集频率来进行激光数据的采集，每隔一定的时间间隔即采集一帧激光数据。具体的数据采集频率可以根据实际情况进行设置，本申请实施例对此不作具体限定。

5 在获取所述机器人在当前时刻采集的激光数据之后，可以根据下式将所述激光数据变换至所述栅格地图中：

$$S_i(\xi) = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_{i,x}^t \\ s_{i,y}^t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \end{pmatrix}$$

其中， ξ 为所述第二位姿， (p_x, p_y) 为所述第二位姿中的位置坐标， φ 为所述第二位姿中的姿态角， $(s_{i,x}^t, s_{i,y}^t)$ 为第 i 个激光点的位置坐标， $S_i(\xi)$ 为第 i 个激光点变换至所述栅格地图中的位置坐标， i 为所述激光数据中的激光点的序号， $1 \leq i \leq n$ ， n 为所述激光数据中的激光点的数目。根据上式将 i 从 1 遍历到 n ，即可得到所述激光数据中的各个激光点变换至所述栅格地图中的位置坐标，也即所述变换后的激光数据。

步骤 S104、根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息对所述第二位姿进行迭代更新，得到所述机器人在当前时刻的定位结果。

如图 2 所示，步骤 S104 具体可以包括如下过程：

15 步骤 S1041、根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息计算位姿更新量。

为了更加精确高效地进行激光数据与地图之间的匹配，在本申请实施例中可以构建出基于激光点距最近障碍物的距离的残差方程来优化机器人位姿。在这一过程中，通过高斯牛顿法来迭代计算所述机器人的位姿，使得在当前时刻的位姿下的各个激光点距地图中的该点最近障碍物的距离和最小。当激光数据中的所有激光点均与地图中障碍物重合（即该点距离最近的障碍物距离为 0）时，则此时的位姿即为所述机器人的理想位姿。

通过上述分析，在本申请实施例中可以构造出如下优化函数，通过对其的迭代求解即可计算出机器人的精确位姿：

$$\xi^* = \arg \min_{\xi} \sum_{i=1}^n [1 - M(S_i(\xi))]^2$$

25 其中， $M(S_i(\xi))$ 为关于 $S_i(\xi)$ 距最近障碍物距离的预设函数，可以根据下式进行设置：

$$M(S_i(\xi)) = e^{-\lambda \|S_i(\xi) - S_i^{obs}(\xi)\|}$$

$S_i^{obs}(\xi)$ 为与 $S_i(\xi)$ 距离最近的障碍物在所述栅格地图中的位置坐标， λ 为预设的系数，其具体取值可以根据实际情况进行设置，本申请实施例对此不做具体限定。

30 当距离越小，则可以认为激光数据与地图匹配的越好，机器人的位姿就越准确，误差越趋近于 0，即：

$$\sum_{i=1}^n [1 - M(S_i(\xi + \Delta\xi))]^2 \rightarrow 0$$

对其进行一阶泰勒展开，可得：

$$\sum_{i=1}^n [1 - M(S_i(\xi)) - \nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi} \Delta \xi]^2 \rightarrow 0$$

其中， $\nabla M(S_i(\xi))$ 可以通过对 $M(S_i(\xi))$ 求导得到， $\frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}$ 可以通过对 $M(S_i(\xi))$ 求导得到。

接着，再对上式求导，可得：

$$2 \sum_{i=1}^n [1 - M(S_i(\xi)) - \nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi} \Delta \xi] \cdot [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]^T = 0$$

令：

$$H = \sum_{i=1}^n [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]^T [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]$$

$$dTr = \sum_{i=1}^n [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]^T [1 - M(S_i(\xi))]$$

那么，则可以根据下式计算得到位姿更新量 $\Delta \xi$ ：

$$\Delta \xi = H^{-1} dTr$$

步骤 S1042、根据所述位姿更新量对所述第二位姿进行更新，得到更新后的第二位姿。具体地，可以根据下式对所述第二位姿进行更新：

$$\xi' = \xi + \Delta \xi$$

其中， ξ' 为所述更新后的第二位姿。

15 步骤 S1043、判断所述位姿更新量是否大于预设的阈值。

所述阈值的具体取值可以根据实际情况进行设置，本申请实施例对此不做具体限定。若所述位姿更新量大于所述阈值，则返回执行步骤 S1041 及其后续步骤，即再次计算位姿更新量，需要注意的是，此时计算过程中所使用到的 ξ 均替换为更新后的 ξ' ，如此反复地进行迭代计算，直至所述位姿更新量小于或等于所述阈值为止；若所述位姿更新量小于或等于所述阈值，则结束迭代过程，并将最后一次更新后的第二位姿确定为所述机器人在当前时刻的定位结果。

在上述过程中，需要计算与激光点 $S_i(\xi)$ 距离最近的障碍物在所述栅格地图中的位置坐

标 $S_i^{obs}(\xi)$ ，在本申请实施例中，可以结合采用优先队列和区域生长法来在所述栅格地图中进行障碍物距离信息的设置。即使用区域生长法遍历所述栅格地图中的每个栅格，将每个栅格的索引依次插入到预设的优先队列中，确定与该栅格距离最近的障碍物在所述栅格地图中的位置坐标，直至所述优先队列为空为止，得到具有障碍物距离信息的栅格地图。其中，优先队列会对插入的元素与队列中已有的元素进行比较并排序，并将插入到合适的位置中，本实施例中优先队列的元素即为栅格的索引，对新插入队列的元素，依次比较该元素与队列中已有元素的距最近障碍物的距离。距离越小，该元素在队列中的位置越靠前，

越先出队列；距离越大，该元素在队列中的位置越靠后，越后出队列。这样保证从优先队列前端取出的元素是整个队列中距最近障碍物的距离最小的栅格的索引。

所述栅格地图中的障碍物距离信息的具体设置过程为：

(1) 遍历所述栅格地图，将其中所有栅格的距最近障碍物的距离（记为 $obs\_distance$ ）初始化为一个固定值（记为 $max\_distance$ ），并将所述栅格地图中被障碍物占据的栅格的索引记为集合： $Obs\_cells=\{obs\_1, obs\_2, \dots, obs\_i, \dots, obs\_n\}$ 。

(2) 依次将 Obs_cells 中的所有元素的距最近障碍物的距离设置为 0，即： $obs\_i.obs\_distance=0$ ，并将这些元素插入优先队列（记为 $Priority\_quene$ ）中。

(3) 判断 $Priority\_quene$ 是否为空；

若为空，则结束设置过程；若不为空，则执行步骤（4）。

(4) 取出 $Priority\_quene$ 最前端元素，并将其作为当前元素（记为 $Current\_cell$ ）。

(5) 依次获取 $Current\_cell$ 在栅格地图中前后左右的元素，记为集合： $Neighbor\_cells=\{UpCell, DownCell, LeftCell, RightCell\}$ 。

(6) 判断是否遍历完 $Neighbor\_cells$ 中的各元素；

若未遍历完，则执行步骤（7）；若遍历完，则执行步骤（10）。

(7) 从 $Neighbor\_cells$ 中选取一个元素，并判断该元素的标志位（记为 $Neighbor\_cell.is\_marked$ ）是否已被置为真（true）；

若是，则返回执行步骤（6）；若否，则执行步骤（8）。

(8) 根据下式计算该元素的距最近障碍物的距离（记为 $Neighbor\_cell.obs\_distance$ ）：

$$Neighbor\_cell.obs\_distance=||Neighbor\_cell.pose-Neighbor\_cell.obs\_pose||$$

其中， $Neighbor\_cell.pose$ 为该元素在栅格地图中的位置坐标， $Neighbor\_cell.obs\_pose$ 为距该元素最近的障碍物在栅格地图中的位置坐标，在本申请实施例中，可以将距该元素最近的障碍物近似等价为距 $Current\_cell$ 最近的障碍物，则有：

$$Neighbor\_cell.obs\_pose=Current\_cell.obs\_pose$$

其中， $Current\_cell.obs\_pose$ 即为距 $Current\_cell$ 最近的障碍物在栅格地图中的位置坐标，为一已知量；

综合以上两式，则有：

$$Neighbor\_cell.obs\_distance=||Neighbor\_cell.pose-Current\_cell.obs\_pose||。$$

(9) 将该元素的标志位置为真，即： $Neighbor\_cell.is\_marked=true$ ，并将该元素插入到 $Priority\_quene$ 中；然后返回执行步骤（6）。

(10) 从 $Priority\_quene$ 中删除 $Current\_cell$ ；然后返回执行步骤（3），直至 $Priority\_quene$ 为空，结束整个设置过程。

通过本申请实施例，给定地图中任一栅格坐标 $S_i(\xi)$ ，即可快速得到该栅格对应的最近障碍物栅格 $S_i^{obs}(\xi)$ 。且这一设置过程只在初始化地图时计算一次，后续导航定位过程中地

图信息不再更新，故对于地图中任一点，最近障碍物也不会发生变化，导航过程中该信息可直接查询得到，无需进行任何计算，极大提升了定位效率。同时无论机器人提供的初始位姿精度如何，都能得到所有激光点距最近障碍物的距离，并进行匹配优化，对机器人初始优化位姿不存在依赖，解决了基于概率地图梯度匹配算法的问题。并且由于本申请实施例采用了基于指数的最近距离评价函数 $M(S_i(\xi))$ ，机器人的位姿的微小变化即可引起

$M(S_i(\xi))$ 较大的输出变化，因此在迭代过程中可以得到更高的定位精度。

综上所述，本申请实施例获取机器人在上一时刻的第一里程计数据以及在当前时刻的第二里程计数据，并根据所述第一里程计数据和所述第二里程计数据计算所述机器人的位

姿增量；获取所述机器人在上一时刻的第一位姿，并根据所述第一位姿和所述位姿增量计算所述机器人在当前时刻的第二位姿；获取所述机器人在当前时刻采集的激光数据，并根据所述第二位姿将所述激光数据变换至栅格地图中，得到变换后的激光数据；根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息对所述第二位姿进行迭代更新，得到所述机器人在当前时刻的定位结果。通过本申请实施例，能够显著提高机器人在导航定位时的定位精度，让机器人在各种复杂多样的应用环境中具有更加稳健鲁棒的定位性能。

应理解，上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后，各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定，而不对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

对应于上文实施例所述的一种机器人定位方法，图3示出了本申请实施例提供的一种机器人定位装置的一个实施例结构图。

本实施例中，一种机器人定位装置可以包括：

位姿增量计算模块301，用于获取机器人在上一时刻的第一里程计数据以及在当前时刻的第二里程计数据，并根据所述第一里程计数据和所述第二里程计数据计算所述机器人的位姿增量；

位姿计算模块302，用于获取所述机器人在上一时刻的第一位姿，并根据所述第一位姿和所述位姿增量计算所述机器人在当前时刻的第二位姿；

数据变换模块303，用于获取所述机器人在当前时刻采集的激光数据，并根据所述第二位姿将所述激光数据变换至栅格地图中，得到变换后的激光数据；

位姿迭代更新模块304，用于根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息对所述第二位姿进行迭代更新，得到所述机器人在当前时刻的定位结果。

进一步地，所述数据变换模块具体用于根据下式将所述激光数据变换至所述栅格地图中：

$$S_i(\xi) = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_{i,x}^t \\ s_{i,y}^t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \end{pmatrix}$$

其中， ξ 为所述第二位姿， (p_x, p_y) 为所述第二位姿中的位置坐标， φ 为所述第二位姿中的姿态角， $(s_{i,x}^t, s_{i,y}^t)$ 为第*i*个激光点的位置坐标， $S_i(\xi)$ 为第*i*个激光点变换至所述栅格地图中的位置坐标，*i*为所述激光数据中的激光点的序号， $1 \leq i \leq n$ ，*n*为所述激光数据中的激光点的数目。

进一步地，所述位姿迭代更新模块可以包括：

位姿更新量计算单元，用于根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息计算位姿更新量；

位姿更新单元，用于根据所述位姿更新量对所述第二位姿进行更新，得到更新后的第二位姿；

定位结果确定单元，用于若所述位姿更新量小于或等于所述阈值，则将最后一次更新后的第二位姿确定为所述机器人在当前时刻的定位结果。

进一步地，所述位姿更新量计算单元具体用于根据下式计算所述位姿更新量：

$$\Delta \xi = H^{-1} dTr$$

$$H = \sum_{i=1}^n [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]^T [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]$$

$$dTr = \sum_{i=1}^n [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]^T [1 - M(S_i(\xi))]$$

其中, $M(S_i(\xi))$ 为关于 $S_i(\xi)$ 距最近障碍物距离的预设函数, $\Delta\xi$ 为所述位姿更新量。

所述预设函数可以根据下式进行设置:

$$M(S_i(\xi)) = e^{-\lambda \|S_i(\xi) - S_i^{obs}(\xi)\|}$$

5 其中, $S_i^{obs}(\xi)$ 为与 $S_i(\xi)$ 距离最近的障碍物在所述栅格地图中的位置坐标, λ 为预设的系数。

进一步地, 所述位姿更新单元具体用于根据下式对所述第二位姿进行更新:

$$\xi' = \xi + \Delta\xi$$

其中, ξ 为所述第二位姿, $\Delta\xi$ 为所述位姿更新量, ξ' 为所述更新后的第二位姿。

10 进一步地, 所述机器人定位装置还可以包括:

障碍物距离信息设置模块, 用于使用区域生长法遍历所述栅格地图中的每个栅格, 将每个栅格的索引依次插入到预设的优先队列中, 确定与该栅格距离最近的障碍物在所述栅格地图中的位置坐标, 直至所述优先队列为空为止, 得到具有障碍物距离信息的栅格地图。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到, 为描述的方便和简洁, 上述描述的装置, 模块和单元的具体工作过程, 可以参考前述方法实施例中的对应过程, 在此不再赘述。

在上述实施例中, 对各个实施例的描述都各有侧重, 某个实施例中未详述或记载的部分, 可以参见其它实施例的相关描述。

20 图 4 示出了本申请实施例提供的一种机器人的示意框图, 为了便于说明, 仅示出了与本申请实施例相关的部分。

如图 4 所示, 该实施例的机器人 4 包括: 处理器 40、存储器 41 以及存储在所述存储器 41 中并可在所述处理器 40 上运行的计算机程序 42。所述处理器 40 执行所述计算机程序 42 时实现上述各个机器人定位方法实施例中的步骤, 例如图 1 所示的步骤 S101 至步骤 S104。或者, 所述处理器 40 执行所述计算机程序 42 时实现上述各装置实施例中各模块/单元的功能, 例如图 3 所示模块 301 至模块 304 的功能。

示例性的, 所述计算机程序 42 可以被分割成一个或多个模块/单元, 所述一个或者多个模块/单元被存储在所述存储器 41 中, 并由所述处理器 40 执行, 以完成本申请。所述一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段, 该指令段用于描述所述计算机程序 42 在所述机器人 4 中的执行过程。

30 本领域技术人员可以理解, 图 4 仅仅是机器人 4 的示例, 并不构成对机器人 4 的限定, 可以包括比图示更多或更少的部件, 或者组合某些部件, 或者不同的部件, 例如所述机器人 4 还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

所述处理器 40 可以是中央处理单元 (Central Processing Unit, CPU), 还可以是其它通用处理器、数字信号处理器 (Digital Signal Processor, DSP)、专用集成电路 (Application Specific Integrated Circuit, ASIC)、现场可编程门阵列 (Field-Programmable Gate Array, FPGA) 或者其它可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

所述存储器 41 可以是所述机器人 4 的内部存储单元, 例如机器人 4 的硬盘或内存。

所述存储器 41 也可以是所述机器人 4 的外部存储设备，例如所述机器人 4 上配备的插接式硬盘，智能存储卡（Smart Media Card，SMC），安全数字（Secure Digital，SD）卡，闪存卡（Flash Card）等。进一步地，所述存储器 41 还可以既包括所述机器人 4 的内部存储单元也包括外部存储设备。所述存储器 41 用于存储所述计算机程序以及所述机器人 4 所需的其它程序和数据。所述存储器 41 还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为了描述的方便和简洁，仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明，实际应用中，可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成，即将所述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块，以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中，上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。另外，各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分，并不用于限制本申请的保护范围。上述系统中单元、模块的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

在上述实施例中，对各个实施例的描述都各有侧重，某个实施例中未详述或记载的部分，可以参见其它实施例的相关描述。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

在本申请所提供的实施例中，应该理解到，所揭露的装置/机器人和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置/机器人实施例仅仅是示意性的，例如，所述模块或单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通讯连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通讯连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。

所述集成的模块/单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用，可以存储在一个计算机可读存储介质中。基于这样的理解，本申请实现上述实施例方法中的全部或部分流程，也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中，该计算机程序在被处理器执行时，可实现上述各个方法实施例的步骤。其中，所述计算机程序包括计算机程序代码，所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读存储介质可以包括：能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U 盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是，所述计算机可读存储介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减，例如在某些司法管辖区，根据立法和专利实践，计算机可读存储介质不包括电载波信号和电信信号。

以上所述实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例

对本申请进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的精神和范围，均应包含在本申请的保护范围之内。

权利要求书

1. 一种机器人定位方法, 其特征在于, 包括:

5 获取机器人在上一时刻的第一里程计数据以及在当前时刻的第二里程计数据, 并根据所述第一里程计数据和所述第二里程计数据计算所述机器人的位姿增量;

获取所述机器人在上一时刻的第一位姿, 并根据所述第一位姿和所述位姿增量计算所述机器人在当前时刻的第二位姿;

获取所述机器人在当前时刻采集的激光数据, 并根据所述第二位姿将所述激光数据变换至栅格地图中, 得到变换后的激光数据;

10 根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息对所述第二位姿进行迭代更新, 得到所述机器人在当前时刻的定位结果。

2. 根据权利要求1所述的机器人定位方法, 其特征在于, 所述根据所述第二位姿将所述激光数据变换至栅格地图中, 包括:

根据下式将所述激光数据变换至所述栅格地图中:

$$15 \quad S_i(\xi) = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_{i,x}^t \\ s_{i,y}^t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \end{pmatrix}$$

其中, ξ 为所述第二位姿, (p_x, p_y) 为所述第二位姿中的位置坐标, φ 为所述第二位姿中的姿态角, $(s_{i,x}^t, s_{i,y}^t)$ 为第 i 个激光点的位置坐标, $S_i(\xi)$ 为第 i 个激光点变换至所述栅格地图中的位置坐标, i 为所述激光数据中的激光点的序号, $1 \leq i \leq n$, n 为所述激光数据中的激光点的数目。

20 3. 根据权利要求2所述的机器人定位方法, 其特征在于, 所述根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息对所述第二位姿进行迭代更新, 包括:

根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息计算位姿更新量;

根据所述位姿更新量对所述第二位姿进行更新, 得到更新后的第二位姿;

25 若所述位姿更新量大于预设的阈值, 则返回执行所述根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息计算位姿更新量的步骤及其后续步骤, 直至所述位姿更新量小于或等于所述阈值为止;

若所述位姿更新量小于或等于所述阈值, 则将最后一次更新后的第二位姿确定为所述机器人在当前时刻的定位结果。

30 4. 根据权利要求3所述的机器人定位方法, 其特征在于, 所述根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息计算位姿更新量, 包括:

根据下式计算所述位姿更新量:

$$\Delta \xi = H^{-1} dTr$$

$$H = \sum_{i=1}^n [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]^T [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]$$

$$dTr = \sum_{i=1}^n [\nabla M(S_i(\xi)) \frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}]^T [1 - M(S_i(\xi))]$$

35 其中, $M(S_i(\xi))$ 为关于 $S_i(\xi)$ 距最近障碍物距离的预设函数, $\Delta \xi$ 为所述位姿更新量。

5. 根据权利要求4所述的机器人定位方法, 其特征在于, 所述预设函数根据下式进行

设置：

$$M(S_i(\xi)) = e^{-\lambda \|S_i(\xi) - S_i^{obs}(\xi)\|}$$

其中， $S_i^{obs}(\xi)$ 为与 $S_i(\xi)$ 距离最近的障碍物在所述栅格地图中的位置坐标， λ 为预设的系数。

- 5 6. 根据权利要求 3 所述的机器人定位方法，其特征在于，所述根据所述位姿更新量对所述第二位姿进行更新，包括：

根据下式对所述第二位姿进行更新：

$$\xi' = \xi + \Delta\xi$$

其中， ξ 为所述第二位姿， $\Delta\xi$ 为所述位姿更新量， ξ' 为所述更新后的第二位姿。

- 10 7. 根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的机器人定位方法，其特征在于，所述栅格地图中的障碍物距离信息的设置过程包括：

使用区域生长法遍历所述栅格地图中的每个栅格，将每个栅格的索引依次插入到预设的优先队列中，确定与该栅格距离最近的障碍物在所述栅格地图中的位置坐标，直至所述优先队列为空为止，得到具有障碍物距离信息的栅格地图。

- 15 8. 一种机器人定位装置，其特征在于，包括：

位姿增量计算模块，用于获取机器人在上一时刻的第一里程计数据以及在当前时刻的第二里程计数据，并根据所述第一里程计数据和所述第二里程计数据计算所述机器人的位姿增量；

- 20 位姿计算模块，用于获取所述机器人在上一时刻的第一位姿，并根据所述第一位姿和所述位姿增量计算所述机器人在当前时刻的第二位姿；

数据变换模块，用于获取所述机器人在当前时刻采集的激光数据，并根据所述第二位姿将所述激光数据变换至栅格地图中，得到变换后的激光数据；

位姿迭代更新模块，用于根据所述变换后的激光数据和所述栅格地图中的障碍物距离信息对所述第二位姿进行迭代更新，得到所述机器人在当前时刻的定位结果。

- 25 9. 一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求 1 至 7 中任一项所述的机器人定位方法的步骤。

- 30 10. 一种机器人，包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求 1 至 7 中任一项所述的机器人定位方法的步骤。

35

40

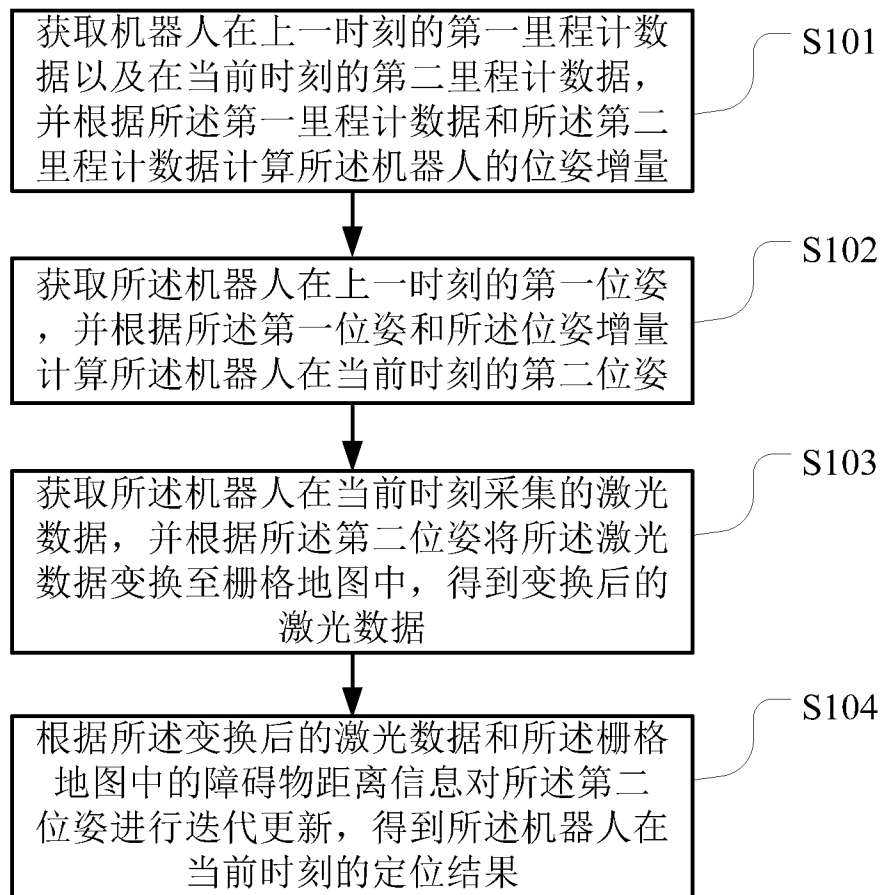


图 1

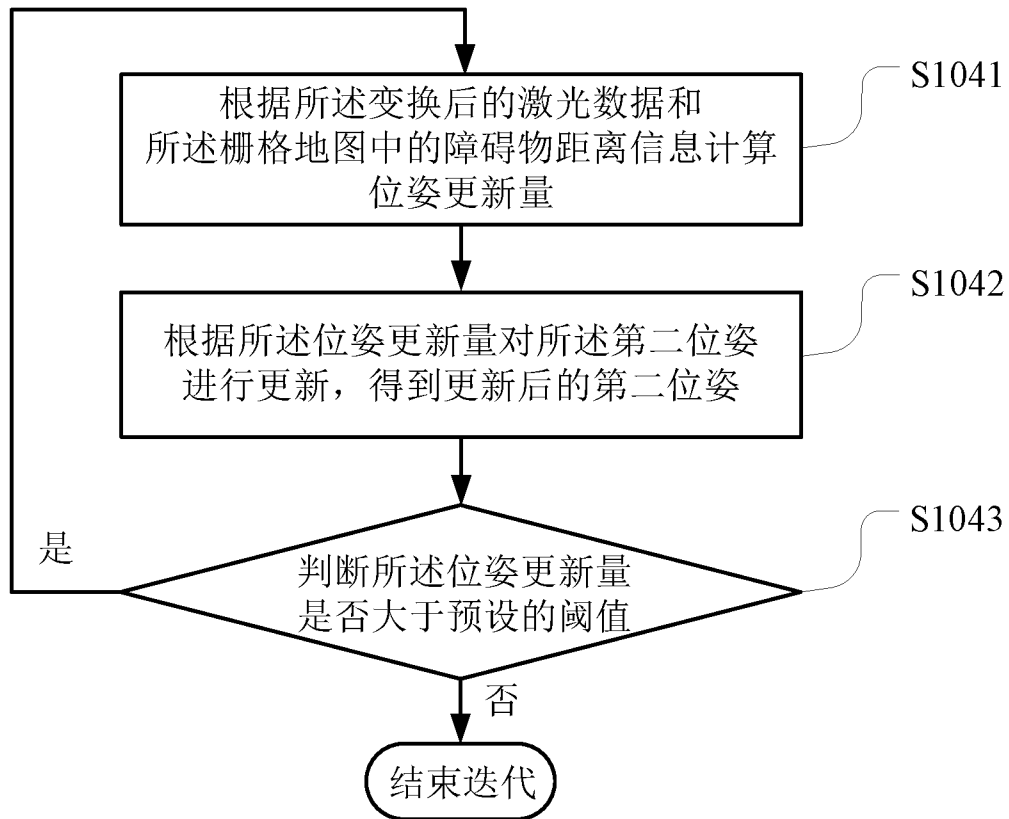


图 2

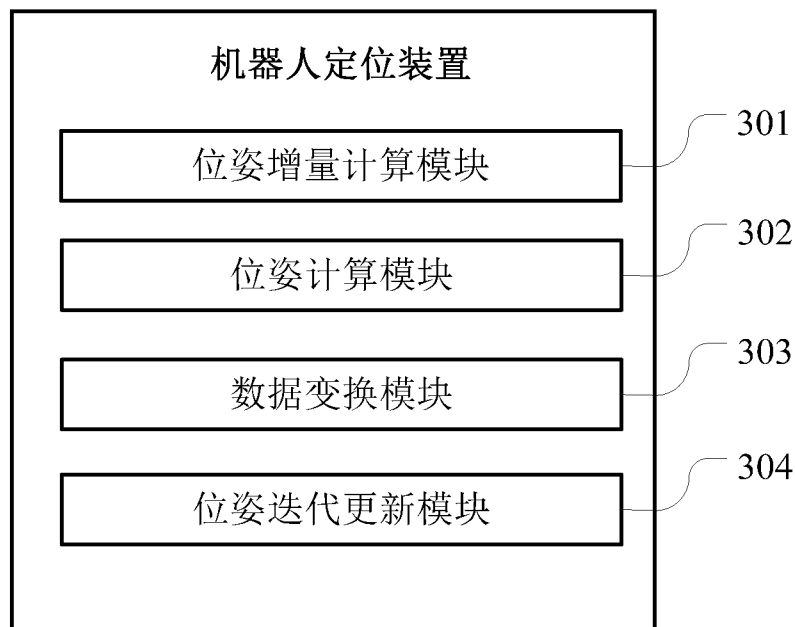


图 3

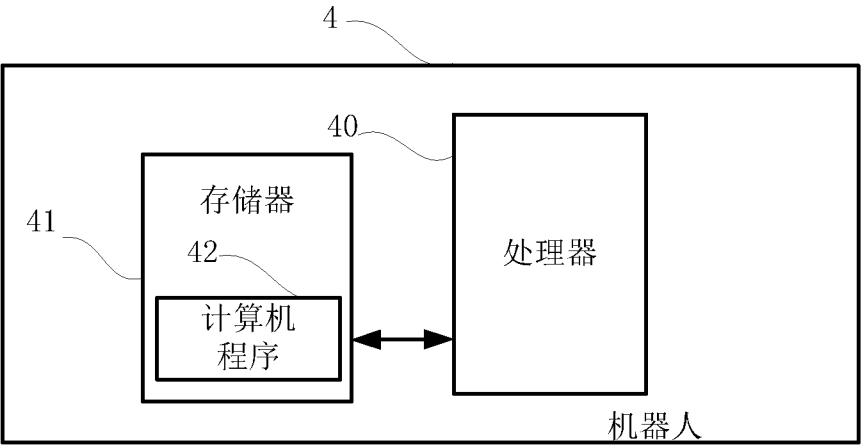


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/139894

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D 1/02(2020.01)i; G01C 21/20(2006.01)i; G01S 17/08(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)

G05D 1; G01C 21; G01S

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)

CNABS, CNTXT, CNKI, VEN: 位姿, 姿态, 位置, 增量, 差值, 残差, 相对, 变化, 更新, 优化, 迭代, 更正, 纠正, 校正, 激光, 点云, 障碍物, 栅格, 地图, 距离, 最近, pose, posture?, attitude?, position+, location, localiz+, difference, error, increment, updat+, calibrat+, correct+, optimiz+, laser, grid?, map?, distance

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 110858076 A (HANGZHOU HIKROBOT TECHNOLOGY CO., LTD.) 03 March 2020 (2020-03-03) description, paragraphs [0120]-[0313], and figures 1-8	1, 8-10
X	CN 110515382 A (RUIJIE NETWORK CO., LTD.) 29 November 2019 (2019-11-29) description paragraphs [0098]-[0116]	1, 8-10
Y	CN 110858076 A (HANGZHOU HIKROBOT TECHNOLOGY CO., LTD.) 03 March 2020 (2020-03-03) description, paragraphs [0120]-[0313], and figures 1-8	2-7
Y	CN 111113422 A (UBTECH ROBOTICS CORP.) 08 May 2020 (2020-05-08) description, paragraphs [0079]-[0175]	2-6
Y	CN 111536964 A (ZHEJIANG DAHUA TECHNOLOGY CO., LTD.) 14 August 2020 (2020-08-14) description, paragraphs [0020]-[0095]	7
A	CN 111190191 A (HANGZHOU DIANZI UNIVERSITY) 22 May 2020 (2020-05-22) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 August 2021

Date of mailing of the international search report

02 September 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/139894**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108332758 A (SHANGHAI SLAMTEC CO., LTD.) 27 July 2018 (2018-07-27) entire document	1-10
A	CN 110895408 A (HANGZHOU HIKROBOT TECHNOLOGY CO., LTD.) 20 March 2020 (2020-03-20) entire document	1-10
A	CN 110174894 A (XIAOGOU ELECTRICAL APPLIANCE INTERNET TECHNOLOGY BEIJING CO., LTD.) 27 August 2019 (2019-08-27) entire document	1-10
A	JP 2012255705 A (FUJITSU LIMITED) 27 December 2012 (2012-12-27) entire document	1-10
A	US 2020164508 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC RESEARCH LABORATORIES INC.) 28 May 2020 (2020-05-28) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/139894

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110858076	A	03 March 2020	None			
CN	110515382	A	29 November 2019	None			
CN	111113422	A	08 May 2020	None			
CN	111536964	A	14 August 2020	CN	111536964	B	06 November 2020
CN	111190191	A	22 May 2020	None			
CN	108332758	A	27 July 2018	None			
CN	110895408	A	20 March 2020	None			
CN	110174894	A	27 August 2019	None			
JP	2012255705	A	27 December 2012	JP	5686048	B2	18 March 2015
US	2020164508	A1	28 May 2020	WO	2020110359	A1	04 June 2020
				EP	3678822	A1	15 July 2020

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/139894

A. 主题的分类 G05D 1/02(2020.01)i; G01C 21/20(2006.01)i; G01S 17/08(2006.01)i 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) G05D 1; G01C 21; G01S 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)) CNABS, CNTXT, CNKI, VEN; 位姿, 姿态, 位置, 增量, 差值, 残差, 相对, 变化, 更新, 优化, 迭代, 更正, 纠正, 校正, 激光, 点云, 障碍物, 栅格, 地图, 距离, 最近, pose, posture?, attitude?, position+, location, localiz+, difference, error, increment, updat+, calibrat+, correct+, optimiz+, laser, grid?, map?, distance																										
C. 相关文件 <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>X</td> <td>CN 110858076 A (杭州海康机器人技术有限公司) 2020年 3月 3日 (2020 - 03 - 03) 说明书第[0120]-[0313]段, 图1-8</td> <td>1, 8-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 110515382 A (锐捷网络股份有限公司) 2019年 11月 29日 (2019 - 11 - 29) 说明书第[0098]-[0116]段</td> <td>1, 8-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 110858076 A (杭州海康机器人技术有限公司) 2020年 3月 3日 (2020 - 03 - 03) 说明书第[0120]-[0313]段, 图1-8</td> <td>2-7</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 111113422 A (深圳市优必选科技股份有限公司) 2020年 5月 8日 (2020 - 05 - 08) 说明书第[0079]-[0175]段</td> <td>2-6</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 111536964 A (浙江大华技术股份有限公司) 2020年 8月 14日 (2020 - 08 - 14) 说明书第[0020]-[0095]段</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111190191 A (杭州电子科技大学) 2020年 5月 22日 (2020 - 05 - 22) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108332758 A (上海思岚科技有限公司) 2018年 7月 27日 (2018 - 07 - 27) 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	X	CN 110858076 A (杭州海康机器人技术有限公司) 2020年 3月 3日 (2020 - 03 - 03) 说明书第[0120]-[0313]段, 图1-8	1, 8-10	X	CN 110515382 A (锐捷网络股份有限公司) 2019年 11月 29日 (2019 - 11 - 29) 说明书第[0098]-[0116]段	1, 8-10	Y	CN 110858076 A (杭州海康机器人技术有限公司) 2020年 3月 3日 (2020 - 03 - 03) 说明书第[0120]-[0313]段, 图1-8	2-7	Y	CN 111113422 A (深圳市优必选科技股份有限公司) 2020年 5月 8日 (2020 - 05 - 08) 说明书第[0079]-[0175]段	2-6	Y	CN 111536964 A (浙江大华技术股份有限公司) 2020年 8月 14日 (2020 - 08 - 14) 说明书第[0020]-[0095]段	7	A	CN 111190191 A (杭州电子科技大学) 2020年 5月 22日 (2020 - 05 - 22) 全文	1-10	A	CN 108332758 A (上海思岚科技有限公司) 2018年 7月 27日 (2018 - 07 - 27) 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																								
X	CN 110858076 A (杭州海康机器人技术有限公司) 2020年 3月 3日 (2020 - 03 - 03) 说明书第[0120]-[0313]段, 图1-8	1, 8-10																								
X	CN 110515382 A (锐捷网络股份有限公司) 2019年 11月 29日 (2019 - 11 - 29) 说明书第[0098]-[0116]段	1, 8-10																								
Y	CN 110858076 A (杭州海康机器人技术有限公司) 2020年 3月 3日 (2020 - 03 - 03) 说明书第[0120]-[0313]段, 图1-8	2-7																								
Y	CN 111113422 A (深圳市优必选科技股份有限公司) 2020年 5月 8日 (2020 - 05 - 08) 说明书第[0079]-[0175]段	2-6																								
Y	CN 111536964 A (浙江大华技术股份有限公司) 2020年 8月 14日 (2020 - 08 - 14) 说明书第[0020]-[0095]段	7																								
A	CN 111190191 A (杭州电子科技大学) 2020年 5月 22日 (2020 - 05 - 22) 全文	1-10																								
A	CN 108332758 A (上海思岚科技有限公司) 2018年 7月 27日 (2018 - 07 - 27) 全文	1-10																								
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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																						
* 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		国际检索报告邮寄日期																								
2021年 8月 24日		2021年 9月 2日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员																								
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		杨士林 电话号码 86-(010)-62085717																								

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
A	CN 110895408 A (杭州海康机器人技术有限公司) 2020年 3月 20日 (2020 - 03 - 20) 全文	1-10
A	CN 110174894 A (小狗电器互联网科技北京股份有限公司) 2019年 8月 27日 (2019 - 08 - 27) 全文	1-10
A	JP 2012255705 A (FUJITSU LTD.) 2012年 12月 27日 (2012 - 12 - 27) 全文	1-10
A	US 2020164508 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC RESEARCH LABORATORIES INC.) 2020年 5月 28日 (2020 - 05 - 28) 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/CN2020/139894

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	110858076	A	2020年 3月 3日	无	
CN	110515382	A	2019年 11月 29日	无	
CN	111113422	A	2020年 5月 8日	无	
CN	111536964	A	2020年 8月 14日	CN 111536964	B 2020年 11月 6日
CN	111190191	A	2020年 5月 22日	无	
CN	108332758	A	2018年 7月 27日	无	
CN	110895408	A	2020年 3月 20日	无	
CN	110174894	A	2019年 8月 27日	无	
JP	2012255705	A	2012年 12月 27日	JP 5686048	B2 2015年 3月 18日
US	2020164508	A1	2020年 5月 28日	W0 2020110359	A1 2020年 6月 4日
				EP 3678822	A1 2020年 7月 15日