

(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
2021 年 9 月 23 日 (23.09.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/184793 A1

(51) 国际专利分类号:
G06Q 10/04 (2012.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/129198

(22) 国际申请日: 2020 年 11 月 16 日 (16.11.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010185234.3 2020年3月17日 (17.03.2020) CN

(71) 申请人: 深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTE OF ADVANCED TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 赵保亮 (ZHAO, Baoliang); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 胡颖 (HU, Ying); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 李世博 (LI, Shibo); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 邵世平 (SHAO, Shiping); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 张悦 (ZHANG, Yue); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong Shenzhen (CN)。

(74) 代理人: 北京中巡通大知识产权代理有限公司 (BEIJING ZHONG XUN TONG DA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国北京市

(54) Title: PATH PLANNING METHOD AND APPARATUS, ELECTRONIC DEVICE, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 路径规划方法、装置、电子设备及存储介质

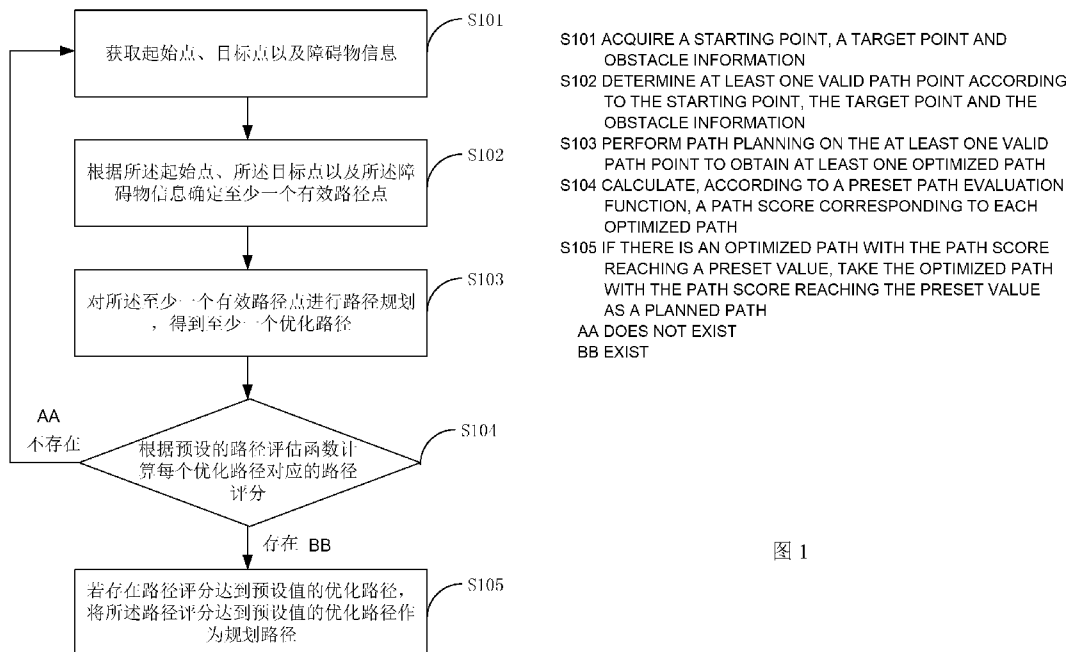


图 1

(57) Abstract: A path planning method and apparatus, an electronic device and a storage medium. The path planning method comprises: acquiring a starting point, a target point and obstacle information (S101); determining at least one valid path point according to the starting point, the target point and the obstacle information (S102); performing path planning on the at least one valid path point to obtain at least one optimized path (S103), the optimized path being a path connecting the starting point and the target point; calculating, according to a preset path evaluation function, a path score corresponding to each optimized path (S104); and if there is an optimized

海淀区杏石口路 50 号中间建筑 1 区 148 号, Beijing 100195 (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, 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))。

path with the path score reaching a preset value, taking the optimized path with the path score reaching the preset value as a planned path (S105). In the path planning method, path planning is performed according to the valid path point to obtain an optimized path, a path selection range is expanded, and then the optimized path is constrained from a plurality of aspects, so as to obtain a better planned path.

(57) 摘要: 一种路径规划方法、装置、电子设备及存储介质, 路径规划方法包括: 获取起始点、目标点以及障碍物信息 (S101); 根据起始点、目标点以及障碍物信息确定至少一个有效路径点 (S102), 对至少一个有效路径点进行路径规划, 得到至少一个优化路径 (S103), 其中, 优化路径为连接起始点和目标点的路径; 根据预设的路径评估函数计算每个优化路径对应的路径评分 (S104); 若存在路径评分达到预设值的优化路径, 将路径评分达到预设值的优化路径作为规划路径 (S105)。所述路径规划方法根据有效路径点进行路径规划, 得到优化路径, 扩大路径选择范围, 再从多个方面对优化路径进行约束, 以得到更优的规划路径。

路径规划方法、装置、电子设备及存储介质

技术领域

本申请属于计算机技术领域，尤其涉及路径规划方法、装置、电子设备及存储介质。

背景技术

现有的路径规划方法，一般采用单一的规划算法，不能解决复杂的路径规划问题，避障效果不佳，若将现有的路径规划方法应用于实际的器官穿刺中，不能保证穿刺过程的精度和安全性。

发明内容

本申请实施例提供了路径规划方法、装置、电子设备及存储介质，可以规划出更准确的路径，实现更好的避障效果。

第一方面，本申请实施例提供了一种路径规划方法，包括：

获取起始点、目标点以及障碍物信息；

根据所述起始点、所述目标点以及所述障碍物信息确定至少一个有效路径点，其中，所述有效路径点位于所述起始点和所述目标点之间；

对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个优化路径，其中，所述优化路径为连接所述起始点和所述目标点的路径；

根据预设的路径评估函数计算每个优化路径对应的路径评分；

若存在路径评分达到预设值的优化路径，将所述路径评分达到预设值的优化路径作为规划路径。

在一种可能的实现方式中，所述障碍物信息包括障碍物的影响范围以及障碍物的距离约束条件；所述根据所述起始点、所述目标点以及所述障碍物信息

确定至少一个有效路径点，包括：

根据人工势能场算法、所述起始点、所述目标点、所述障碍物的影响范围以及预设的步距，确定至少一个初始路径点以及每个初始路径点的方向；

根据所述障碍物的距离约束条件以及所述每个初始路径点的方向，从所述初始路径点中筛选出至少一个有效路径点。

在一种可能的实现方式中，所述对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个优化路径，包括：

根据路径约束条件对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个优化路径；其中，所述优化路径由至少两个弧段依次连接所得，相邻的两个弧段相切；所述路径约束条件为：若所述弧段是由相邻的两个有效路径点连接形成的，所述弧段为等曲率双圆弧；若所述弧段是由非相邻的两个有效路径点连接形成的，所述弧段为根据预设的圆弧计算公式得到的最优双圆弧。

在一种可能的实现方式中，所述圆弧计算公式为：

$$f = \sum_{i=1}^m (l_i - r_1)^2 + \sum_{i=m+1}^n (l_i - r_2)^2,$$

其中， l_i 表示第*i*个有效路径点到对应圆弧的圆心的距离， n 表示有效路径点的数量， m 表示第*i*个有效路径点与目标点之间的有效路径点的数量， r_1 和 r_2 分别表示形成所述弧段的双圆弧中每个圆弧的半径，当 f 取最小值时，所对应的半径为所述最优双圆弧中每个圆弧的半径。

在一种可能的实现方式中，所述根据路径约束条件对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个优化路径，包括：

根据路径约束条件对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个初始路径；

根据最大曲率约束条件从所述初始路径中筛选出至少一个优化路径。

在一种可能的实现方式中，所述路径评估函数包括路径长度评估函数、障碍物距离评估函数和/或弧段数量评估函数。

在一种可能的实现方式中，所述根据预设的路径评估函数计算每个优化路径对应的路径评分之后，所述方法还包括：

若不存在路径评分达到预设值的优化路径，获取新的起始点和新的目标点，重新进行路径规划。

第二方面，本申请实施例提供了一种路径规划装置，包括：

获取模块，用于获取起始点、目标点以及障碍物信息；

确定模块，用于根据所述起始点、所述目标点以及所述障碍物信息确定至少一个有效路径点，其中，所述有效路径点位于所述起始点和所述目标点之间；

规划模块，用于对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个优化路径，其中，所述优化路径为连接所述起始点和所述目标点的路径；

计算模块，用于根据预设的路径评估函数计算每个优化路径对应的路径评分；

判断模块，用于若存在路径评分达到预设值的优化路径，将所述路径评分达到预设值的优化路径作为规划路径。

在一种可能的实现方式中，所述障碍物信息包括障碍物的影响范围以及障碍物的距离约束条件；所述确定模块具体用于：

根据人工势能场算法、所述起始点、所述目标点、所述障碍物的影响范围以及预设的步距，确定至少一个初始路径点以及每个初始路径点的方向；

根据所述障碍物的距离约束条件以及所述每个初始路径点的方向，从所述初始路径点中筛选出至少一个有效路径点。

在一种可能的实现方式中，所述规划模块具体用于：

根据路径约束条件对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个优化路径；其中，所述优化路径由至少两个弧段依次连接所得，相邻的两个弧段相切；所述路径约束条件为：若所述弧段是由相邻的两个有效路径点连接形成的，所述弧段为等曲率双圆弧；若所述弧段是由非相邻的两个有效路径点连接形成的，所述弧段为根据预设的圆弧计算公式得到的最优双圆弧。

在一种可能的实现方式中，所述圆弧计算公式为：

$$f = \sum_{i=1}^m (l_i - r_1)^2 + \sum_{i=m+1}^n (l_i - r_2)^2,$$

其中， l_i 表示第*i*个有效路径点到对应圆弧的圆心的距离， n 表示有效路径点的数量， m 表示第*i*个有效路径点与目标点之间的有效路径点的数量， r_1 和 r_2 分别表示形成所述弧段的双圆弧中每个圆弧的半径，当 f 取最小值时，所对应的半径为所述最优双圆弧中每个圆弧的半径。

在一种可能的实现方式中，所述规划模块具体还用于：

根据路径约束条件对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个初始路径；

根据最大曲率约束条件从所述初始路径中筛选出至少一个优化路径。

在一种可能的实现方式中，所述路径评估函数包括路径长度评估函数、障碍物距离评估函数和/或弧段数量评估函数。

在一种可能的实现方式中，所述判断模块还用于：

若不存在路径评分达到预设值的优化路径，获取新的起始点和新的目标点，重新进行路径规划。

第三方面，本申请实施例提供了一种电子设备，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如上述第一方面所述的路径规划方法。

第四方面，本申请实施例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如上述第一方面所述的路径规划方法。

第五方面，本申请实施例提供了一种计算机程序产品，当计算机程序产品在电子设备上运行时，使得电子设备执行如上述第一方面所述的路径规划方法。

本申请实施例与现有技术相比存在的有益效果是：通过获取起始点、目标点以及障碍物信息，根据起始点、目标点以及障碍物信息确定至少一个有效路

径点，其中，有效路径点位于起始点和所述目标点之间；对至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个优化路径，其中，优化路径为连接起始点和目标点的路径；根据预设的路径评估函数计算每个优化路径对应的路径评分；若存在路径评分达到预设值的优化路径，将路径评分达到预设值的优化路径作为规划路径。由于有效路径点是根据障碍物信息确定的，因此能够保证有效路径点具有较好的避障效果，此外，再根据有效路径点规划出优化路径，扩大路径选择范围，最后根据路径评估函数对优化路径进行评分，从而从多个方面对路径进行约束，以得到更优的规划路径。

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。

图 1 是本申请实施例提供的路径规划方法的流程示意图；

图 2 是本申请实施例提供的路径规划区域的示意图；

图 3 是本申请实施例提供的路径规划方法的子步骤的流程示意图；

图 4 是本申请实施例提供的一种筛选有效路径点的方法示意图；

图 5 是本申请实施例提供的另一种筛选有效路径点的方法示意图；

图 6 是本申请实施例提供的等曲率双圆弧示意图；

图 7 是本申请实施例提供的最优双圆弧示意图；

图 8 是本申请实施例提供的优化路径的示意图；

图 9 是本申请实施例提供的规划路径的示意图；

图 10 是本申请实施例提供的路径规划装置示意图；

图 11 是本申请实施例提供的电子设备的示意图。

具体实施方式

以下描述中，为了说明而不是为了限定，提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节，以便透彻理解本申请实施例。然而，本领域的技术人员应当清楚，在没有这些具体细节的其它实施例中也可以实现本申请。在其它情况中，省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明，以免不必要的细节妨碍本申请的描述。

应当理解，当在本申请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。

如在本申请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]”。

在本申请说明书中描述的参考“一个实施例”或“一些实施例”等意味着在本申请的一个或多个实施例中包括结合该实施例描述的特定特征、结构或特点。由此，在本说明书中的不同之处出现的语句“在一个实施例中”、“在一些实施例中”、“在其他一些实施例中”、“在另外一些实施例中”等不是必然都参考相同的实施例，而是意味着“一个或多个但不是所有的实施例”，除非是以其他方式另外特别强调。术语“包括”、“包含”、“具有”及它们的变形都意味着“包括但不限于”，除非是以其他方式另外特别强调。

本申请实施例提供的路径规划方法应用于电子设备，电子设备可以是电脑、医疗器械、可穿戴设备等，本申请实施例对电子设备的具体类型不作任何限制。

图 1 为本申请一实施例提供的路径规划方法的流程示意图，如图 1 所示，

向，即初始路径点以及与每个初始路径点对应的方向。

S202：根据所述障碍物的距离约束条件以及所述每个初始路径点的方向，从所述初始路径点中筛选出至少一个有效路径点。

具体地，计算每个初始路径点与障碍物的距离，如图 4 所示，若初始路径点与障碍物的距离不满足距离约束条件，即初始路径点与障碍物的距离小于路径与障碍物的最小距离，则删除该初始路径点，即删除圆圈内的初始路径点，从而避免在路径规划过程中对障碍物造成的影响。如图 5 所示，根据每个初始路径点的方向计算每相邻两个初始路径点之间的夹角，若相邻两个初始路径点之间的夹角大于或者等于 90° ，删除该初始路径点，从而避免在路径规划过程中出现局部震荡。删除不满足条件的初始路径点后，得到有效路径点。

S103：对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个优化路径，其中，所述优化路径为连接所述起始点和所述目标点的路径。

具体地，依次连接两个相邻的有效路径点或者非相邻的有效路径点，得到优化路径。

在一种可能的实现方式中，优化路径是由至少两个弧段依次连接所得到，相邻的两个弧段相切，以得到平滑的规划路径，提高实际穿刺过程中的穿刺精度。在弧段生成过程中，设定路径约束条件，根据路径约束条件和有效路径点进行路径规划。其中，路径约束条件为：若所述弧段是由相邻的两个有效路径点连接形成的，所述弧段为等曲率双圆弧；若所述弧段是由非相邻的两个有效路径点连接形成的，所述弧段为根据预设的圆弧计算公式得到的最优双圆弧。

例如，如图 6 所示，为两个相邻的有效路径点，弧段为双圆弧，即该弧段是由圆弧 P 和圆弧 Q 连接而成的，圆弧 P 和圆弧 Q 的曲率相等，即半径相等，得到的弧段即为等曲率双圆弧。

如图 7 所示，为两个非相邻的有效路径点，弧段为双圆弧，即该弧段是由圆弧 S 和圆弧 T 连接而成的，圆弧 S 和圆弧 T 的半径由预设圆弧公式计算出，得到最优双圆弧。在一种可能的实现方式中，圆弧计算公式为：

$$f = \sum_{i=1}^m (l_i - r_1)^2 + \sum_{i=m+1}^n (l_i - r_2)^2,$$

其中, l_i 表示第 i 个有效路径点到对应圆弧的圆心的距离, n 表示有效路径点的数量, m 表示第 i 个有效路径点与目标点之间的有效路径点的数量, r_1 和 r_2 分别表示形成所述弧段的双圆弧中每个圆弧的半径, 当 f 取最小值时, 所对应的半径为所述最优双圆弧中每个圆弧的半径, 即圆弧 S 和圆弧 T 的半径。

如图 8 所示, 将每个有效路径点分别按照等曲率双圆弧和最优双圆弧的连接方式进行连接, 任意组合后形成多条初始路径, 从而增大规划路径的选择范围。再结合实际穿刺过程, 设定最大曲率约束条件, 将不满足最大曲率约束条件的弧段删除, 从而得到至少一个优化路径。

S104: 根据预设的路径评估函数计算每个优化路径对应的路径评分。

在一种可能的实现方式中, 路径评估函数包括路径长度评估函数、障碍物距离评估函数和/或弧段数量评估函数。示例性地, 路径评估函数为

$$F = \omega_1 F_l + \omega_2 F_d + \omega_3 F_n,$$

其中, F_l 表示长度评估函数, F_d 表示障碍物评估函数, F_n 表示弧段数量评估函数, ω_1 、 ω_2 、 ω_3 分别表示长度评估函数、障碍物距离评估函数和弧段数量评估函数的系数, ω_1 、 ω_2 、 ω_3 的和可以为 1, 根据路径规划的实际需要分别设置各个系数, 得到路径评估函数, 计算出每个优化路径对应的路径评分, 从而可以在路径规划过程中综合考虑路径长度、障碍物距离和弧段数量, 规划出更优的路径。

例如, 在根据规划路径进行器官穿刺中, 路径长度越长, 对组织和器官的伤害越大, 障碍物距离越近, 穿刺危险性越高, 弧段数越多, 穿刺精度越低, 根据实际的穿刺部位调整各个系数, 得到路径评估函数, 计算出每个优化路径对应的路径评分。

S105: 若存在路径评分达到预设值的优化路径, 将所述路径评分达到预设值的优化路径作为规划路径。

具体的, 如图 9 所示, 取路径评分最高的优化路径, 若该路径评分大于或者等于预设值, 则将该优化路径作为最终的规划路径。

S106: 若不存在路径评分达到预设值的优化路径, 获取新的起始点和新的目标点, 重新进行路径规划。

具体地, 若不存在路径评分达到预设值的优化路径, 重新设定起始点和目标点, 按照 S101-S105 的方法重新进行路径规划。

在一种可能的实现方式中, 在需要进行路径规划的区域, 对可以设为起始点的区域进行离散化处理, 得到离散化后的多个起始点, 对每个起始点均按照 S101-S104 的方法进行路径规划, 将路径评分最高的优化路径作为最终的规划路径。

上述实施例中, 通过获取起始点、目标点以及障碍物信息, 根据起始点、目标点以及障碍物信息确定至少一个有效路径点, 其中, 有效路径点位于起始点和所述目标点之间; 对至少一个有效路径点进行路径规划, 得到至少一个优化路径, 其中, 优化路径为连接起始点和目标点的路径; 根据预设的路径评估函数计算每个优化路径对应的路径评分; 若存在路径评分达到预设值的优化路径, 将路径评分达到预设值的优化路径作为规划路径。由于有效路径点是根据障碍物信息确定的, 因此能够保证有效路径点具有较好的避障效果, 此外, 再根据有效路径点规划出优化路径, 扩大路径选择范围, 最后根据路径评估函数对优化路径进行评分, 从而从多个方面对路径进行约束, 以得到更优的规划路径。

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, 而不应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路径规划方法, 图 10 示出了本申请实施例提供的

路径规划装置的结构框图，为了便于说明，仅示出了与本申请实施例相关的部分。

参照图 10，该路径规划装置包括，

获取模块 10，用于获取起始点、目标点以及障碍物信息；

确定模块 20，用于根据所述起始点、所述目标点以及所述障碍物信息确定至少一个有效路径点，其中，所述有效路径点位于所述起始点和所述目标点之间；

规划模块 30，用于对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个优化路径，其中，所述优化路径为连接所述起始点和所述目标点的路径；

计算模块 40，用于根据预设的路径评估函数计算每个优化路径对应的路径评分；

判断模块 50，用于若存在路径评分达到预设值的优化路径，将所述路径评分达到预设值的优化路径作为规划路径。

在一种可能的实现方式中，所述障碍物信息包括障碍物的影响范围以及障碍物的距离约束条件；所述确定模块 20 具体用于：

根据人工势能场算法、所述起始点、所述目标点、所述障碍物的影响范围以及预设的步距，确定至少一个初始路径点以及每个初始路径点的方向；

根据所述障碍物的距离约束条件以及所述每个初始路径点的方向，从所述初始路径点中筛选出至少一个有效路径点。

在一种可能的实现方式中，所述规划模块 30 具体用于：

根据路径约束条件对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个优化路径；其中，所述优化路径由至少两个弧段依次连接所得，相邻的两个弧段相切；所述路径约束条件为：若所述弧段是由相邻的两个有效路径点连接形成的，所述弧段为等曲率双圆弧；若所述弧段是由非相邻的两个有效路径点连接形成的，所述弧段为根据预设的圆弧计算公式得到的最优双圆弧。

在一种可能的实现方式中，所述圆弧计算公式为：

$$f = \sum_{i=1}^m (l_i - r_1)^2 + \sum_{i=m+1}^n (l_i - r_2)^2,$$

其中, l_i 表示第 i 个有效路径点到对应圆弧的圆心的距离, n 表示有效路径点的数量, m 表示第 i 个有效路径点与目标点之间的有效路径点的数量, r_1 和 r_2 分别表示形成所述弧段的双圆弧中每个圆弧的半径, 当 f 取最小值时, 所对应的半径为所述最优双圆弧中每个圆弧的半径。

在一种可能的实现方式中, 所述规划模块 30 具体还用于:

根据路径约束条件对所述至少一个有效路径点进行路径规划, 得到至少一个初始路径;

根据最大曲率约束条件从所述初始路径中筛选出至少一个优化路径。

在一种可能的实现方式中, 所述路径评估函数包括路径长度评估函数、障碍物距离评估函数和/或弧段数量评估函数。

在一种可能的实现方式中, 所述判断模块 50 还用于:

若不存在路径评分达到预设值的优化路径, 获取新的起始点和新的目标点, 重新进行路径规划。

需要说明的是, 上述装置/单元之间的信息交互、执行过程等内容, 由于与本申请方法实施例基于同一构思, 其具体功能及带来的技术效果, 具体可参见方法实施例部分, 此处不再赘述。

图 11 是本申请实施例提供的电子设备的示意图。如图 11 所示, 该实施例的电子设备包括: 处理器 11、存储器 12 以及存储在所述存储器 12 中并可在所述处理器 11 上运行的计算机程序 13。所述处理器 11 执行所述计算机程序 13 时实现上述路径规划方法实施例中的步骤, 例如图 1 所示的步骤 S101 至 S106。或者, 所述处理器 11 执行所述计算机程序 13 时实现上述各装置实施例中各模块/单元的功能, 例如图 10 所示模块 10 至 50 的功能。

示例性的, 所述计算机程序 13 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 12 中, 并由所述处理器 11 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 13 在所述电子设备中的执行过程。

本领域技术人员可以理解,图 10 仅仅是电子设备的示例,并不构成对电子设备的限定,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,例如所述电子设备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 11 可以是中央处理单元(Central Processing Unit, CPU),还可以是其他通用处理器、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)或者其他可编程逻辑器件、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 12 可以是所述电子设备的内部存储单元,例如电子设备的硬盘或内存。所述存储器 12 也可以是所述电子设备的外部存储设备,例如所述电子设备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 12 还可以既包括所述电子设备的内部存储单元也包括外部存储设备。所述存储器 12 用于存储所述计算机程序以及所述电子设备所需的其他程序和数据。所述存储器 12 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/电子设备和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置/电子设备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。

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取存储介质中。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。

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. 一种路径规划方法，其特征在于，包括：

获取起始点、目标点以及障碍物信息；

根据所述起始点、所述目标点以及所述障碍物信息确定至少一个有效路径点，其中，所述有效路径点位于所述起始点和所述目标点之间；

对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个优化路径，其中，所述优化路径为连接所述起始点和所述目标点的路径；

根据预设的路径评估函数计算每个优化路径对应的路径评分；

若存在路径评分达到预设值的优化路径，将所述路径评分达到预设值的优化路径作为规划路径。

2. 如权利要求1所述的路径规划方法，其特征在于，所述障碍物信息包括障碍物的影响范围以及障碍物的距离约束条件；所述根据所述起始点、所述目标点以及所述障碍物信息确定至少一个有效路径点，包括：

根据人工势能场算法、所述起始点、所述目标点、所述障碍物的影响范围以及预设的步距，确定至少一个初始路径点以及每个初始路径点的方向；

根据所述障碍物的距离约束条件以及所述每个初始路径点的方向，从所述初始路径点中筛选出至少一个有效路径点。

3. 如权利要求1所述的路径规划方法，其特征在于，所述对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个优化路径，包括：

根据路径约束条件对所述至少一个有效路径点进行路径规划，得到至少一个优化路径；其中，所述优化路径由至少两个弧段依次连接所得，相邻的两个弧段相切；所述路径约束条件为：若所述弧段是由相邻的两个有效路径点连接形成的，所述弧段为等曲率双圆弧；若所述弧段是由非相邻的两个有效路径点连接形成的，所述弧段为根据预设的圆弧计算公式得到的最优双圆弧。

4. 如权利要求3所述的路径规划方法，其特征在于，所述圆弧计算公式为：

$$f = \sum_{i=1}^m (l_i - r_1)^2 + \sum_{i=m+1}^n (l_i - r_2)^2,$$

其中, l_i 表示第 i 个有效路径点到对应圆弧的圆心的距离, n 表示有效路径点的数量, m 表示第 i 个有效路径点与目标点之间的有效路径点的数量, r_1 和 r_2 分别表示形成所述弧段的双圆弧中每个圆弧的半径, 当 f 取最小值时, 所对应的半径为所述最优双圆弧中每个圆弧的半径。

5. 如权利要求 3 所述的路径规划方法, 其特征在于, 所述根据路径约束条件对所述至少一个有效路径点进行路径规划, 得到至少一个优化路径, 包括:

根据路径约束条件对所述至少一个有效路径点进行路径规划, 得到至少一个初始路径;

根据最大曲率约束条件从所述初始路径中筛选出至少一个优化路径。

6. 如权利要求 1 所述的路径规划方法, 其特征在于, 所述路径评估函数包括路径长度评估函数、障碍物距离评估函数和/或弧段数量评估函数。

7. 如权利要求 1 所述的路径规划方法, 其特征在于, 所述根据预设的路径评估函数计算每个优化路径对应的路径评分之后, 所述方法还包括:

若不存在路径评分达到预设值的优化路径, 获取新的起始点和新的目标点, 重新进行路径规划。

8. 一种路径规划装置, 其特征在于, 包括:

获取模块, 用于获取起始点、目标点以及障碍物信息;

确定模块, 用于根据所述起始点、所述目标点以及所述障碍物信息确定至少一个有效路径点, 其中, 所述有效路径点位于所述起始点和所述目标点之间;

规划模块, 用于对所述至少一个有效路径点进行路径规划, 得到至少一个优化路径, 其中, 所述优化路径为连接所述起始点和所述目标点的路径;

计算模块, 用于根据预设的路径评估函数计算每个优化路径对应的路径评分;

判断模块, 用于若存在路径评分达到预设值的优化路径, 将所述路径评分

达到预设值的优化路径作为规划路径。

9. 一种电子设备，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 任一项所述的方法。

10. 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 任一项所述的方法。

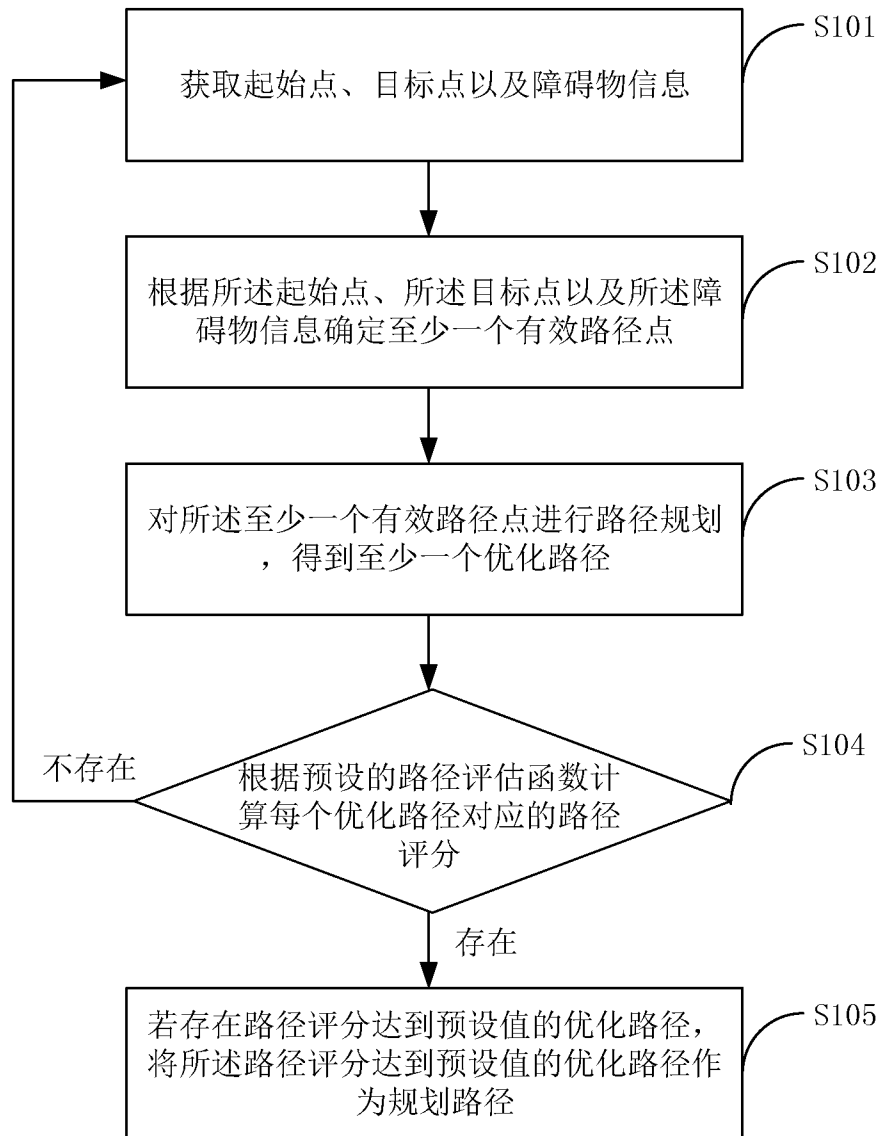


图 1

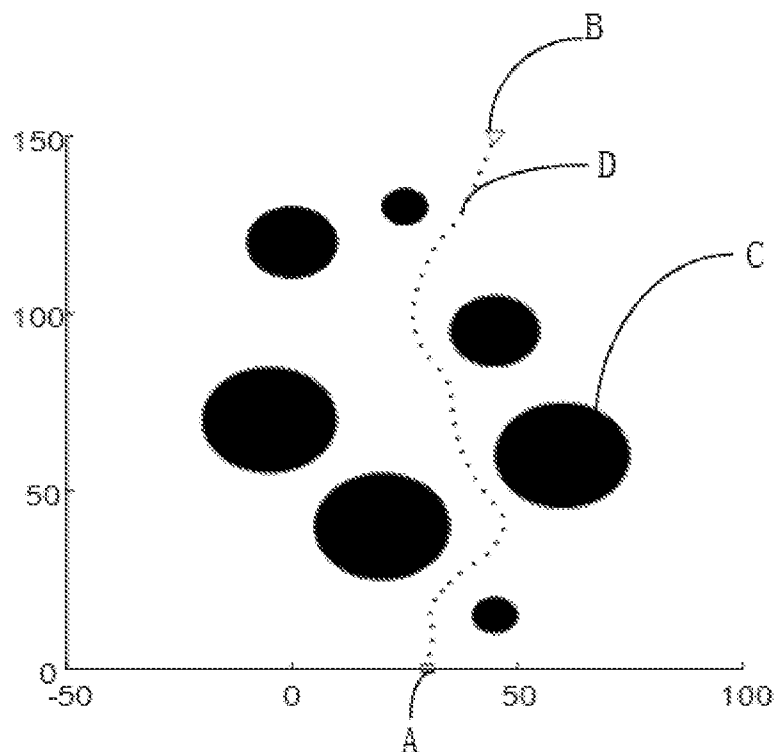


图 2

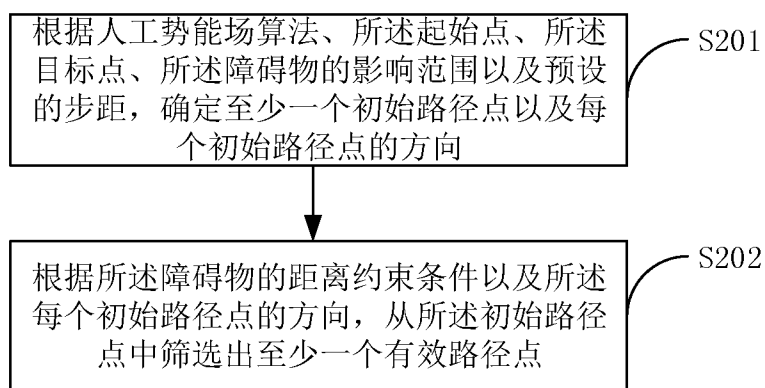


图 3

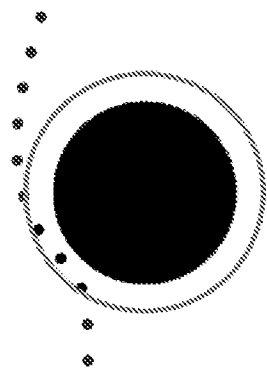


图 4

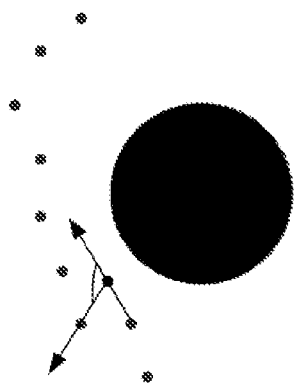


图 5



图 6

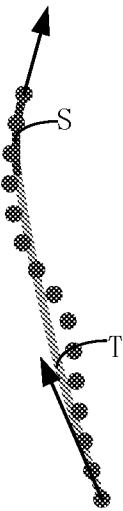


图 7

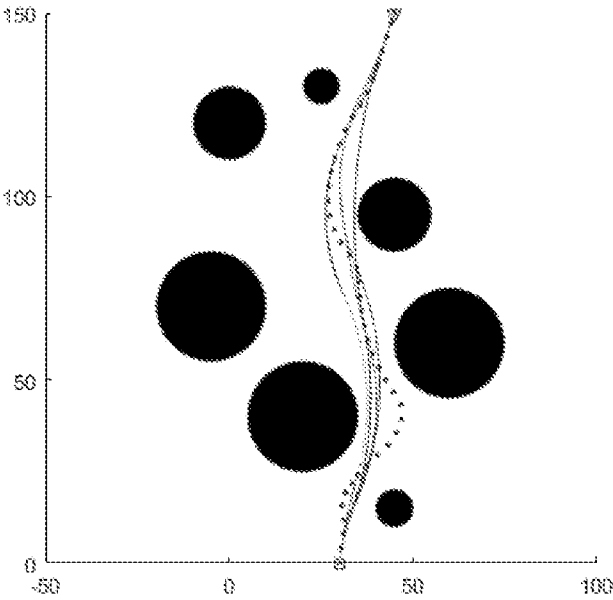


图 8

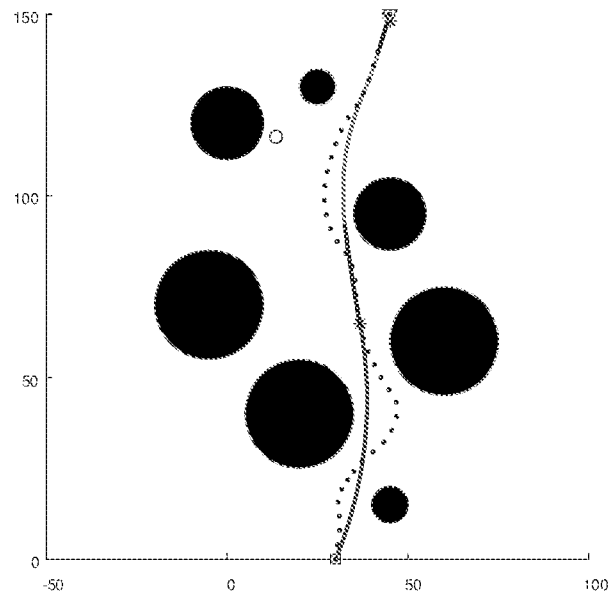


图 9

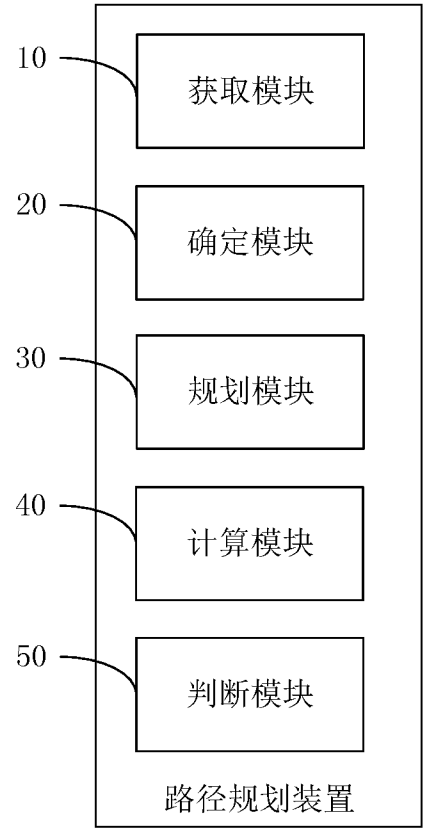


图 10

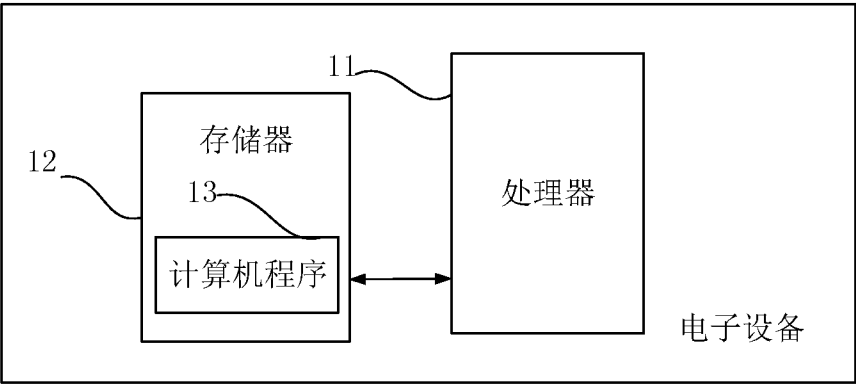


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/129198

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06Q 10/04(2012.01)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)

G06Q; G06F

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: 路径, 规划, 优化, 评分, 评估, 评价, 函数, 障碍, 路障, 起点, 起始, 终点, 目标, 弧, 半径, route, path, plan+, optimi+, scor+, evaluat+, estimat+, function, obstacle, start+, end, point?, node?, target, arc, radius

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 111428919 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 17 July 2020 (2020-07-17) claims 1-10	1-10
X	CN 109828564 A (GCI SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.) 31 May 2019 (2019-05-31) description, paragraphs 0052-0146	1-10
X	CN 110471441 A (NANJING UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY) 19 November 2019 (2019-11-19) description, paragraphs 0044-0074	1-10
X	CN 107228668 A (GUILIN UNIVERSITY OF ELECTRONIC TECHNOLOGY) 03 October 2017 (2017-10-03) description, paragraphs 0008-0074	1-10
A	US 2019202056 A1 (UBTECH ROBOTICS CORP.) 04 July 2019 (2019-07-04) 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

05 February 2021

Date of mailing of the international search report

19 February 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
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/129198

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111428919	A	17 July 2020	None			
CN	109828564	A	31 May 2019	None			
CN	110471441	A	19 November 2019	None			
CN	107228668	A	03 October 2017	None			
US	2019202056	A1	04 July 2019	CN	109976148	A	05 July 2019
				KR	20190080782	A	08 July 2019
				JP	2019119041	A	22 July 2019

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/129198

A. 主题的分类 G06Q 10/04 (2012.01) 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) G06Q; G06F 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, EPDOC, CNPAT, CNKI, IEEE: 路径, 规划, 优化, 评分, 评估, 评价, 函数, 障碍, 路障, 起点, 起始, 终点, 目标, 弧, 半径, route, path, plan+, optimi+, scor+, evaluat+, estimat+, function, obstacle, start+, end, point?, node?, target, arc, radius																				
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>PX</td> <td>CN 111428919 A (深圳先进技术研究院) 2020年 7月 17日 (2020 - 07 - 17) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 109828564 A (广州杰赛科技股份有限公司) 2019年 5月 31日 (2019 - 05 - 31) 说明书第0052-0146段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 110471441 A (南京理工大学) 2019年 11月 19日 (2019 - 11 - 19) 说明书第0044-0074段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 107228668 A (桂林电子科技大学) 2017年 10月 3日 (2017 - 10 - 03) 说明书第0008-0074段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2019202056 A1 (UBTECH ROBOTICS CORP.) 2019年 7月 4日 (2019 - 07 - 04) 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	PX	CN 111428919 A (深圳先进技术研究院) 2020年 7月 17日 (2020 - 07 - 17) 权利要求1-10	1-10	X	CN 109828564 A (广州杰赛科技股份有限公司) 2019年 5月 31日 (2019 - 05 - 31) 说明书第0052-0146段	1-10	X	CN 110471441 A (南京理工大学) 2019年 11月 19日 (2019 - 11 - 19) 说明书第0044-0074段	1-10	X	CN 107228668 A (桂林电子科技大学) 2017年 10月 3日 (2017 - 10 - 03) 说明书第0008-0074段	1-10	A	US 2019202056 A1 (UBTECH ROBOTICS CORP.) 2019年 7月 4日 (2019 - 07 - 04) 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																		
PX	CN 111428919 A (深圳先进技术研究院) 2020年 7月 17日 (2020 - 07 - 17) 权利要求1-10	1-10																		
X	CN 109828564 A (广州杰赛科技股份有限公司) 2019年 5月 31日 (2019 - 05 - 31) 说明书第0052-0146段	1-10																		
X	CN 110471441 A (南京理工大学) 2019年 11月 19日 (2019 - 11 - 19) 说明书第0044-0074段	1-10																		
X	CN 107228668 A (桂林电子科技大学) 2017年 10月 3日 (2017 - 10 - 03) 说明书第0008-0074段	1-10																		
A	US 2019202056 A1 (UBTECH ROBOTICS CORP.) 2019年 7月 4日 (2019 - 07 - 04) 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 2021年 2月 5日		国际检索报告邮寄日期 2021年 2月 19日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址 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		授权官员 戴雷 电话号码 86-(10)-53961402																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/129198

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	111428919	A	2020年 7月 17日	无	
CN	109828564	A	2019年 5月 31日	无	
CN	110471441	A	2019年 11月 19日	无	
CN	107228668	A	2017年 10月 3日	无	
US	2019202056	A1	2019年 7月 4日	CN 109976148 A	2019年 7月 5日
				KR 20190080782 A	2019年 7月 8日
				JP 2019119041 A	2019年 7月 22日