

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01C 21/34 (2006.01)

G06F 17/30 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810060706.1

[43] 公开日 2008年9月10日

[11] 公开号 CN 101261136A

[22] 申请日 2008.4.25

[21] 申请号 200810060706.1

[71] 申请人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路 38 号

[72] 发明人 陈 奇 赵国荣 李山亭 黄群山

徐亚娟 范先迪 蒋卫星

[74] 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司

代理人 周 烽

权利要求书 4 页 说明书 8 页 附图 2 页

[54] 发明名称

一种基于移动导航系统的路径搜索方法

[57] 摘要

本发明公开了一种基于移动导航系统的路径搜索方法，基于导航系统的特性——利用目标点位置已知的信息，作为搜索过程的启发信息，利用该启发信息重新设计路径搜索方法，使得搜索过程中扩展的节点数大大减少，这样便减少了内存的占用，提高搜索效率。

1. 一种基于移动导航的路径搜索方法，其特征在于，包括以下步骤：
 - A. 选取目标点，可通过触摸笔在地图上选取，也可通过选取兴趣点，设为目标点；出发点是根据 GPS 模块实时地位得到的当前位置。
 - B. 将目标点和出发点的坐标转化为投影坐标，绑定到地图上道路网络中最近的路；记录当前目标点作为下次目标点绑定的启发信息，初始设置上次目标点位置为 (0, 0)。
 - a) 先绑定目标点，判断当前目标点是否在上次的目标点附近，所述目标点附近为在距离目标点 50 米的范围内，若是，则直接使用上次绑定结果，不需要进行绑定，否则绑定。
 - b) 根据目标点的绑定结果判定目标点是否在搜索路网上，若不在，则转 D；否则更新上次目标点绑定结果，转下步；所述绑定结果包含绑定到路的距离，绑定到的路的 GRL 信息，绑定到路上的位置。
 - c) 绑定出发点，出发点位置来自 GPS 模块的当前位置，也即导航设备当前位置，和目标点不同，这里直接进行绑定，若绑定结果判断出发点不在路网上，则转 D；否则转下步。
 - C. 根据绑定后的出发点和目标点以及当前的行驶方向，该方向以正北作为 0 度，来自 GPS 模块，转化为弧度单位，在路网上进行拓扑路径搜索。
 - a) 将两个绑定的点转化为两对拓扑节点对：根据所在的道路 GRL 得到对应的网络拓扑边，分别记录出发点和目标点对应的拓扑节点对，记录绑定的点到该拓扑边的两个端节点的距离。
 - b) 判断出发点和目标点是否在同一条网络边上，若是，则转 f)；否则转 g)。
 - c) 两点同边的特殊情况处理：若当前方向 cur_dir 为负值，认为是不考虑方向信息，则直接取出出发点和目标点之间的路段信息，将该路段信息转为路径结果，转 D；否则，计算得出发点到目标点的直线方向 $dir1$ ，比较 cur_dir 和 $dir1$ ，如果两个方向的角度偏差在 $-90\sim 90^\circ$ ，取出出发点与目标点之间的路段信息，转为路径结果，转步骤 D；否则，计算得出发点与目标点之间的中间节点，该节点满足条件：从出发点到该节点方向 $dir2$ 和 $dir1$ 反向，取得出发点到中间点的路段

road_segment_sm 和中间点到目标点的路段 road_segment_me, 将路段信息转为路径结果, 转步骤 D。

- d) 根据 GPS 当前前进方向, 调整出发点拓扑点对; 如果当前 GPS 方向为负值, 表示不关注方向; 不做调整, 否则, 根据前进方向, 选择出发拓扑点对中的方向较接近 GPS 前进方向的拓扑节点作为出发节点。
- e) 搜索拓扑最短路径, 拓扑边以道路长度作为权重; 最短路径搜索算子的中间搜索对象为 PathNode, PathNode 含有如下信息: 是否终点 b_target, 当前对应拓扑节点 nw_node, 路径对应上个 PathNode: previous_pathNode, 累计出发点到当前节点距离 accu_weight_from, 当前节点到目标点启发值 accu_weight_to:
 - i. 准备出发拓扑点 prepareStartNodes: 根据出发点拓扑点对, 即当前绑定到的最近道路对应的拓扑边的两个拓扑端点, 生成出发 PathNode, 插入待扩展节点集合 extandable_nodes, extandable_nodes 集合中对象的先后关系采用 accu_weight_from + accu_weight_to 做比较。
 - ii. 准备目标拓扑点 prepareTargetNodes: 根据目标点拓扑点对, 生成两个 PathNode, 插入目标 PathNode 集合 target_nodes; 并记录目标点位置 target_pos, 作为启发值搜索之用。
 - iii. 路径扩散搜索 searchPath: 初始化当前搜索结果 current_result 为无效。
 - iv. 从 extandable_nodes 中取出第一个 PathNode 作为 current_path_node, 判断 current_path_node 是否目标点, 若是, 记录当前搜索结果为有效 current_result, 转 viii; 否则, 转 v。
 - v. 扩散当前 PathNode: 取出所有和 current_path_node 对应拓扑节点 cur_nw_node 邻接并且以 cur_nw_node 为起始节点的拓扑边集合 adjacent_edges; 通过邻接边 adjacent_edges 取得当前 nw_node 的邻居节点集合。
 - vi. 对每个邻居节点 neighbour_nw_node, 判断 neighbour_node 是否在待扩展节点集合 expandable_nodes 中, 若不在, 则新生成一个 PathNode——other_path_node; 否则, 从 expandable_nodes 中取出对应于 neighbour_nw_node 的 PathNode 作为 other_path_node; 若 neighbour_nw_node 是已经扩展过的节点或

者 $\text{other_path_node} \rightarrow \text{accu_weight_from} \leq \text{current_path_node} \rightarrow \text{accu_weight_from} + \text{neighbour_nw_edge} \rightarrow \text{length}$, 也即当前累计长度比新的累计长度来得更短, 则不做更新, 转 viii。

- vii. 设置 other_path_node , 更新 expandable_nodes :
 $\text{other_path_node} \rightarrow \text{previous_path_node} = \text{current_path_node}$,
 $\text{other_path_node} \rightarrow \text{accu_weight_from} = \text{current_path_node} \rightarrow \text{accu_weight_from} + \text{neighbour_nw_edge} \rightarrow \text{length}$; $\text{other_path_node} \rightarrow \text{accu_weight_to} = \text{neighbour_nw_node} \rightarrow \text{pos}$ 到 target_pos 的直线距离; 将 other_path_node 插入或者更新 expandable_nodes 。
- viii. 将 current_path_node 插入已扩展节点集合 visited_nodes , 转 iv;
- ix. 判断 current_result 是否有效, 若无效, 转 D; 否则, 转下步;
- x. 路径生成: 根据当前记录节点 current_path_node , 通过 $\text{current_path_node} \rightarrow \text{previous_path_node}$ 逐个得到经过的 nw_edge , 插入路径队列 deque_topo_path 的前端, 生成路径搜索结果 current_result 。

D. 路径搜索完毕, 返回搜索结果。

2. 根据权利要求 1 所述的路径搜索方法, 其特征在于, 所述步骤 C 中的 vii 步, 扩散节点 current_path_node 的权重比较和更新是根据 $\text{current_path_node} \rightarrow \text{accu_weight_from} + \text{current_path_node} \rightarrow \text{nw_node}$ 到目标位置 target_pos 的直线距离。

3. 根据权利要求 2 所述的路径搜索方法, 其特征在于, 所述目标点位置 target_pos 是已知的明确信息, 须由调用者传入。

4. 根据权利要求 1 所述的路径搜索方法, 其特征在于, 所述步骤 B 的 a) 中, 所述绑定包括以下步骤:

- (1) 根据当前点的坐标位置 cur_pos , 生成选择矩形框 cur_rect 。
- (2) 使用 cur_rect 在地图数据中进行搜索, 若 cur_rect 包含了当前地图的范围矩形 map_rect , 则转入步骤 (7); 否则, 根据地图数据已建立的网格索引, 得到 cur_rect 对应的网格中的所有道路对象 roads ; 若 roads 为空, 将 cur_rect 按 1.5 的比例扩大, 转入步骤 (2);
- (3) 根据 cur_pos 附近 100 米作为容忍距离算出容忍框 tol_rect ; 初始化 cur_pos

到绑定道路 `bind_road` 的最短距离 `min_dis` = 无穷大; `bind_road` 初始化为空对象。

(4) 判断 `roads` 集合是否为空, 若为空, 转入步骤 (7), 否则, 转入步骤 (5)。

(5) 从 `roads` 中取出一条 `road`, 每条 `road` 记录了本身控制点所在的范围 `road_bound`; 判断 `road_bound` 是否和 `tol_rect` 相交, 若相交, 转入步骤 (6); 否则, 转入步骤 (4)。

(6) 求得 `cur_pos` 到 `road` 的最短距离 `cur_dis`, 如果 `cur_dis` < `min_dis`; 更新 `min_dis` = `cur_dis`; 更新 `bind_road` 为 `road`; 转入步骤 (4);

(7) 返回当前绑定的道路 `bind_road`, 以及当前绑定的距离 `min_dis`。

5. 根据权利要求 4 所述的道路绑定方法, 其特征在于, 所述步骤 (2) 中, 图层上的道路图层采用网格索引方法, 快速定位; 绑定预先设置容忍距离为 100 米, 通过容忍矩形框过滤大部分不相关道路对象, 加快绑定过程。

一种基于移动导航系统的路径搜索方法

技术领域

本发明涉及移动导航中的路径搜索领域，特别地，涉及一种基于移动导航系统的路径搜索方法。

背景技术

移动导航系统一般分为以下几个模块：导航数据载入，导航地图显示，导航路径搜索，导航提示分析模块。

移动导航系统通过 GPS 设备实时接收当前位置，在导航过程中有时需要进行路径重算，并且由于移动设备的硬件资源受限，所以对路径搜索算法的效率和内存消耗方面要求较严格。

在导航路径搜索中，当前一般采用的方法主要是基于 Dijkstra 算法进行搜索的，该方法是面向路径搜索的通用型方法，没有充分利用导航系统的特征，并且在搜索的扩散过程中需要记录的节点数较多，耗费的内存较多，并且效率较低，特别是在移动导航系统中，一般的移动设备硬件资源受限，更加突出了传统方法的资源耗费和效率较低问题。

发明内容

本发明的目的在于针对现有技术的不足，提供一种基于移动导航系统的路径搜索方法。应用本发明的方法，搜索过程中扩展的节点数大大减少，这样便减少了内存的占用，提高搜索效率。

本发明的目的是通过以下技术方案来实现的：一种基于移动导航的路径搜索方法，包括以下步骤：选取目标点；将目标点和出发点的坐标转化为投影坐标，绑定到地图上道路网络中最近的路上；记录当前目标点作为下次目标点绑定的启发信息；根据绑定后的出发点和目标点以及当前的行驶方向，该方向以正北作为 0 度，来自 GPS 模块，转化为弧度单位，在路网上进行拓扑路径搜索。

路径搜索完毕，返回搜索结果。

本发明的有益效果是：本发明充分利用了目标点的坐标位置已知的信息，通过启发搜索，减少搜索扩散过程中扩散的节点数，从而减少搜索过程载入内存的数据量，提高搜索效率。测试发现，在搜索距离出发点不超过半个路网的半径距离内的目标点时，使用本发明的扩散节点数是一般方法扩散节点数的25%；而在超过了半个路网之外的目标点的搜索上，其扩散节点数也可达到一般方法的50%；从而扩散节点数大幅减少，载入的内存成相应减少，效率得到提高。

附图说明

图1是本发明基于移动导航系统的路径搜索方法流程图；
图2是绑定道路流程图。

具体实施方式

本发明所依据的原理是：将道路网络的拓扑邻接信息提取出来作路径分析，道路网络包含拓扑节点和拓扑边结构，边中含有长度信息，作为路径搜索时的权重信息，拓扑节点和拓扑边存有网络对象的邻接关系。利用目标点坐标位置已知的信息作为启发信息，利用当前节点到目标点的直线距离作为搜索过程的启发值，加快搜索。

本发明的路径搜索方法，包含以下步骤：

1. 选取目标点：

可通过触摸笔在地图上选取，也可通过选取兴趣点，设为目标点；出发点是根据GPS模块实时地位得到的当前位置；

2. 出发点和目标点绑定到最近道路：

将目标点和出发点转化为投影坐标，绑定到地图上道路网络中最近的路上；记录当前目标点作为下次目标点绑定的启发信息，初始设置上次目标点为位置为(0, 0)；

2.1 先绑定目标点，判断当前目标点是否在上次的目标点附近（如在容忍距离50米内），若是，则直接使用上次绑定结果，不需要进行绑定，否则转绑定（绑定步骤见下）；

2.2 根据目标点的绑定结果(包含绑定到路的距离,绑定到的路的 GRL (地理资源定位)信息,绑定到路上的位置),判定目标点是否在搜索路网上,若不在,则转 4;否则更新上次目标点绑定结果,转下步;

2.3 绑定出发点,出发点位置来自 GPS 模块的当前位置,也即导航设备当前位置,和目标点不同,这里直接进行绑定,若绑定结果判断出发点不在路网上,则转 4;否则转下步;

3. 搜索路径:

3.1 转化绑定节点为拓扑节点对:

该拓扑节点对含以下信息:节点坐标位置,出发点到节点方向(正北为 0 弧度),出发点到当前节点实际距离;

根据所在的道路 GRL 得到对应的网络拓扑边,分别记录出发点和目标点对应的拓扑节点对,记录绑定的点到该拓扑边的两个端节点的距离;

3.2 判断出发点和目标点是否在同一条网络边上,若是,则转 3.3;否则转 3.4;

3.3 两点同边的特殊情况处理:

若当前方向 $cur_dir < 0$,认为是不考虑方向信息,则直接取出出发点和目标点之间的路段信息,将该路段信息转为路径结果,转 4;

否则,计算得出发点到目标点的直线方向 $dir1$,比较 cur_dir 和 $dir1$,如果两个方向的角度偏差在 $(-90, 90)$ 度,取出出发点与目标点之间的路段信息,转为路径结果,转 4;

否则,计算得出发点与目标点之间的中间节点,该节点满足条件:从出发点到该节点方向 $dir2$ 和 $dir1$ 反向(相差超过 90 度),取得路段 $road_segment_sm$ (出发点 $start$ 到中间点 $middle$)和路段 $road_segment_me$ (中间点 $middle$ 到目标点 end),将路段信息转为路径结果,转 4;

3.4 根据 GPS 当前前进方向,调整出发点拓扑点对:

如果当前 GPS 方向 < 0 ,表示不关注方向;不做调整,否则,根据前进方向,选择出发拓扑点对中的方向较接近 GPS 前进方向的拓扑节点作为出发节点;

3.5 搜索拓扑最短路径:

拓扑边以道路长度作为权重;

最短路径搜索算子的中间搜索对象为 PathNode, PathNode 含有如下信息: 是否终点 b_target, 当前对应拓扑节点 nw_node, 路径对应上个 PathNode: previous_pathNode, 累计出发点到当前节点距离 accu_weight_from, 当前节点到目标点启发值 accu_weight_to;

3.5.1 准备出发拓扑点:

根据出发点拓扑点对, 即当前绑定到的最近道路对应的拓扑边的两个拓扑端点, 生成出发 PathNode, 插入待扩展节点集合 extandable_nodes, extandable_nodes 集合中对象的先后关系采用 accu_weight_from + accu_weight_to 做比较;

3.5.2 准备目标拓扑点:

根据目标点拓扑点对, 生成两个 PathNode, 插入目标 PathNode 集合 target_nodes; 并记录目标点位置 target_pos, 作为启发值搜索之用;

3.5.3 路径扩散搜索初始化:

初始化当前搜索结果 current_result 为无效;

3.5.4 从 extandable_nodes 中取出第一个 PathNode 作为 current_path_node, 判断 current_path_node 是否目标点, 若是, 记录当前搜索结果为有效 current_result, 转 3.5.8; 否则, 转 3.5.5;

3.5.5 扩散当前节点:

取出所有和 current_path_node 对应拓扑节点 cur_nw_node 邻接并且以 cur_nw_node 为起始节点的拓扑边集合 adjacent_edges; 通过邻接边 adjacent_edges 取得当前 nw_node 的邻居节点集合;

3.5.6 判断邻接节点 neighbour_nw_node 是否待扩展节点:

对每个邻居节点 neighbour_nw_node, 判断 neighbour_node 是否在待扩展节点集合 expandable_nodes 中;

若不在, 则新生成一个 PathNode——other_path_node;

否则, 从 expandable_nodes 中取出对应于 neighbour_nw_node 的 PathNode 作为 other_path_node;

若 neighbour_nw_node 是已经扩展过的节点(visited_nodes)或者 other_path_node->accu_weight_from <=

`current_path_node->accu_weight_from` +
`neighbour_nw_edge->length`,也即当前累计长度比新的累计长度
 来得更短, 则不做更新, 转 3.5.8;

3.5.7 设置 `other_path_node`, 更新待扩展节点集合
`expandable_nodes`:

`other_path_node->previous_path_node=current_path_node`,
`other_path_node->accu_weight_from` =
`current_path_node->accu_weight_from` +
`neighbour_nw_edge->length`; `other_path_node->accu_weight_to` =
`neighbour_nw_node->pos` 到 `target_pos` 的直线距离; 将
`other_path_node` 插入或者更新 `expandable_nodes`;

3.5.8 将 `current_path_node` 插入已扩展节点集合 `visited_nodes`, 转
 3.5.4;

3.5.9 判断当前搜索结果是否有效:

若 `current_result` 无效, 转 4; 否则, 转下步;

3.5.10 路径生成:

根据当前记录节点 `current_path_node`, 通过
`current_path_node->previous_path_node` 逐个得到经过的
`nw_edge`, 插入路径队列 `deque_topo_path` 的前端, 生成路径搜
 索结果 `current_result`;

4. 路径搜索完毕, 返回搜索结果;

绑定道路, 包含以下步骤:

1. 生成选择矩形框

根据当前点的坐标位置 `cur_pos`, 生成选择矩形框 `cur_rect`;

2. 搜索选择矩形框内地理对象

使用 `cur_rect` 在地图数据中进行搜索, 若 `cur_rect` 包含了当前地图的
 范围矩形 `map_rect`, 则转 7;

否则, 根据地图数据已建立的网格索引, 得到 `cur_rect` 对应的网格
 中的所有道路对象 `roads`;

若 `roads` 为空, 将 `cur_rect` 按 1.5 的比例扩大, 转 2;

3. 初始化绑定结果

根据 `cur_pos` 附近 100 米作为容忍距离计算得容忍框 `tol_rect`;初始化

cur_pos 到绑定道路 bind_road 的最短距离 min_dis = 无穷大; bind_road 初始化为空对象;

4. 判断 roads 集合是否为空

若为空, 转 7, 否则, 转 5;

5. 使用 tol_rect 过滤 roads

从 roads 中取出一条 road, 每条 road 记录了本身控制点所在的范围 road_bound; 判断 road_bound 是否和 tol_rect 相交, 若相交, 转 6; 否则, 转 4;

6. 计算当前最短距离, 更新绑定结果

计算 cur_pos 到 road 的最短距离 cur_dis, 如果 $cur_dis < min_dis$; 更新 $min_dis = cur_dis$; 更新 bind_road 为 road; 转 4;

7. 返回绑定结果

当前绑定的道路 bind_road, 以及当前绑定的距离 min_dis;

本发明的具体流程见附图 1, 附图 2。下面参照附图详细说明本发明的具体实施例, 本发明的目的和效果将变得更加明显。

实施例 1

以杭州城市为例, 当前出发位置为 (30.26331, 120.12111), 方向为 (107.94 度), 选取目标点为 (30.27751, 120.18615)。

1. 选取目标点:

获得当前位置和方向, 转化为投影坐标,

出发点投影位置位置为 (3531330.1, 13349507.2),

目标点投影位置为 (3533340.3, 1335664.2);

方向为 1.88391 弧度;

2. 绑定道路:

出发点最近道路为浙大路, 绑定距离为 23 米,

目标点绑定最近道路为凯旋路, 绑定距离为 47 米;

3. 将绑定结果转化为拓扑节点对:

出发拓扑节点对为 :

start_nw_node1: 坐标 (3531328.2, 13350005.1), 方向 (1.91815 弧度),

距离 (578.863 米); start_nw_node2: 坐标 (3531540.1, 13349424.5), 方

向 (5.06033 弧度), 距离 (37.9865 米);

目标拓扑节点对为:

end_nw_node1: 坐标 (3533118.1, 13356643.1), 方向 (3.08267), 距离 (102.926 米);

end_nw_node2: 坐标 (3533118.1, 1336657.07), 方向 (6.27069), 距离 (220.44 米);

4. 根据绑定结果, 出发点和目标点不在同一条路上, 转 5 搜索拓扑路径;

5. 根据 GPS 方向调整出发拓扑点对:

start_nw_node1 方向 (1.91815 弧度) 和 GPS 前进方向 (1.88391 弧度) 更接近, 设置 start_nw_node2 = start_nw_node1;

6. 初始化当前搜索结果 current_result 无效, 根据 GPS 当前传来方向 (1.88391 弧度), 在杭州主要街道网络上进行路径搜索;

7. 若 expandable_nodes 为空, 则转 12;

否则: 从 expandable_nodes 中取出第一个 PathNode 作为 current_path_node, current_path_node 的各种属性如下:

坐标位置 (3531328.2, 13350005.1), accu_weight_from=578.86, accu_weight_to = 0;

判断 current_path_node 不是目标点;

8. 扩散 current_path_node:

取出邻接拓扑边集合 adjacent_edges(3 条); 通过邻接边 adjacent_edges 取得当前 nw_node 的邻居节点集合;

9. 对每个邻居节点 neighbour_nw_node, 处理并更新带扩散和已访问节点集合。

取第一个 neighbour_nw_node 为例, neighbour_nw_node 对应的邻接边长度 neighbour_nw_edge->length = 617.08 米,

判断 neighbour_node 不在扩展节点集合 expandable_nodes 中, 则新生成一个 PathNode——other_path_node;

10. 设置 other_path_node, 更新 expandable_nodes:

other_path_node->previous_path_node=current_path_node,

other_path_node->accu_weight_from=current_path_node->accu_weight_from + neighbour_nw_edge->length;

other_path_node->accu_weight_to = neighbour_nw_node->pos (3531328.2, 13350005.1) 到 target_pos (3533340.3, 1335664.2) 的直线距离 (7442 米);

将 other_path_node 插入 expandable_nodes;

处理下个 neighbour_nw_node 直到当前 neighbour_nw_node 集合处理完;

11. 将 current_path_node 插入已扩展节点集合 visited_nodes, 转 7, 取下个扩散节点;

12. 判断 current_result 是否有效, 若无效, 转 14; 否则, 转 13;

13. 路径生成:

根据当前记录节点 current_path_node

(accu_weight_from= 8107.556, accu_weight_to = 0, 坐标位置 (3533118.1, 1336657.07); 通过 current_path_node->previous_path_node 逐个得到经过的 nw_edge, 插入路径队列 deque_topo_path 的前端, 生成路径搜索结果 current_result;

14. 搜索完毕, 返回搜索结果。

实施例 2:

以杭州城市为例, 当前出发位置为 (30.26331, 120.12111), 方向为 (107.94 度), 选取目标点为 (30.27751, 120.18615)。

转化为投影坐标结果为:

出发点投影位置位置为 (3531330.1, 13349507.2),

目标点投影位置为 (3533340.3, 1335664.2);

方向为 1.88391 弧度;

绑定到最近道路结果为:

出发点最近道路为浙大路, 绑定距离为 23 米,

目标点绑定最近道路为凯旋路, 绑定距离为 47 米;

路径搜索结果为:

扩散节点数为 55, 路径总长为 8107.556 米, 路径经过道路为依次为: 浙大路-》曙光路-》体育场路-》凯旋路;

上述实施例用来解释说明本发明, 而不是对本发明进行限制, 在本发明的精神和权利要求的保护范围内, 对本发明作出的任何修改和改变, 都落入本发明的保护范围。

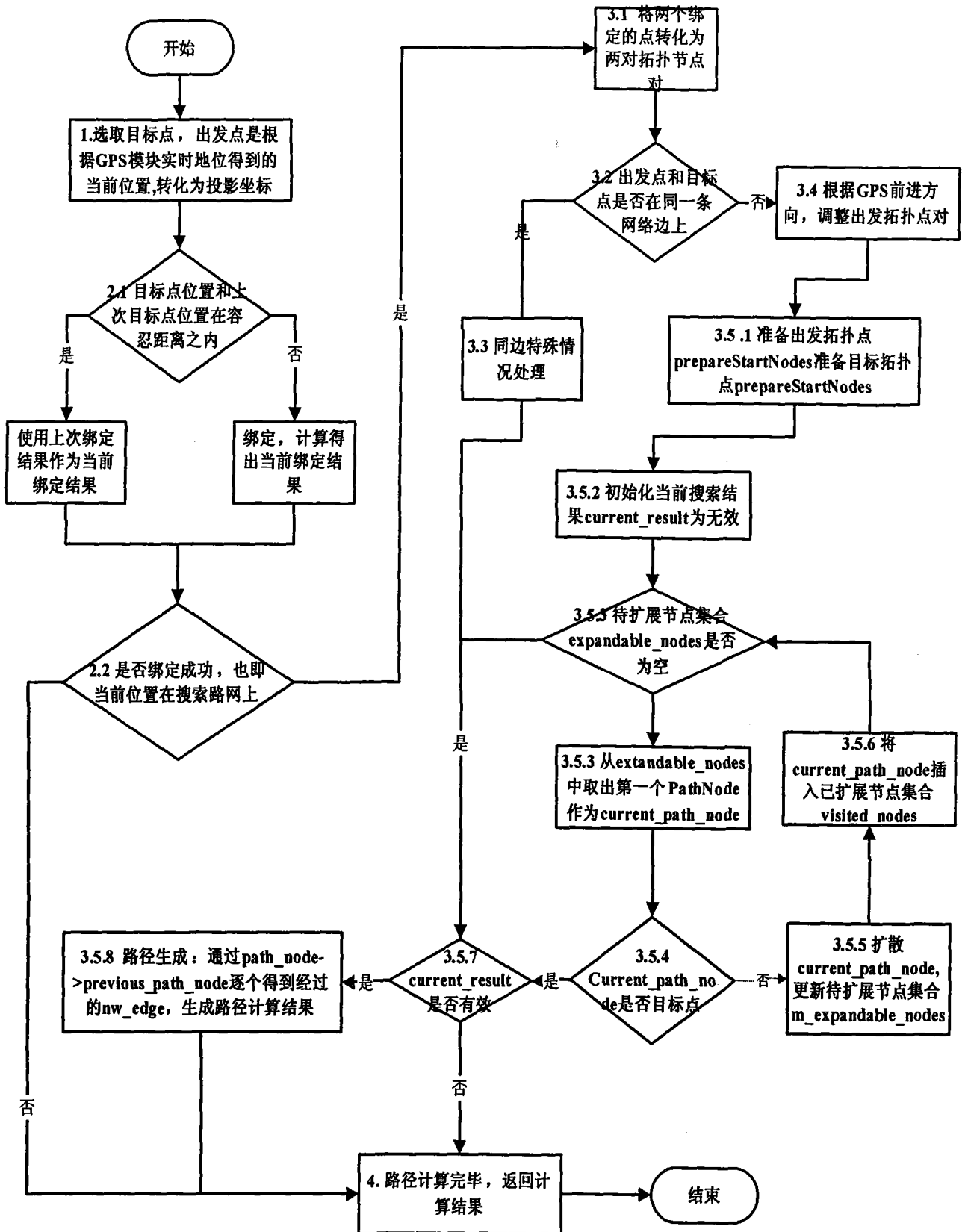


图 1

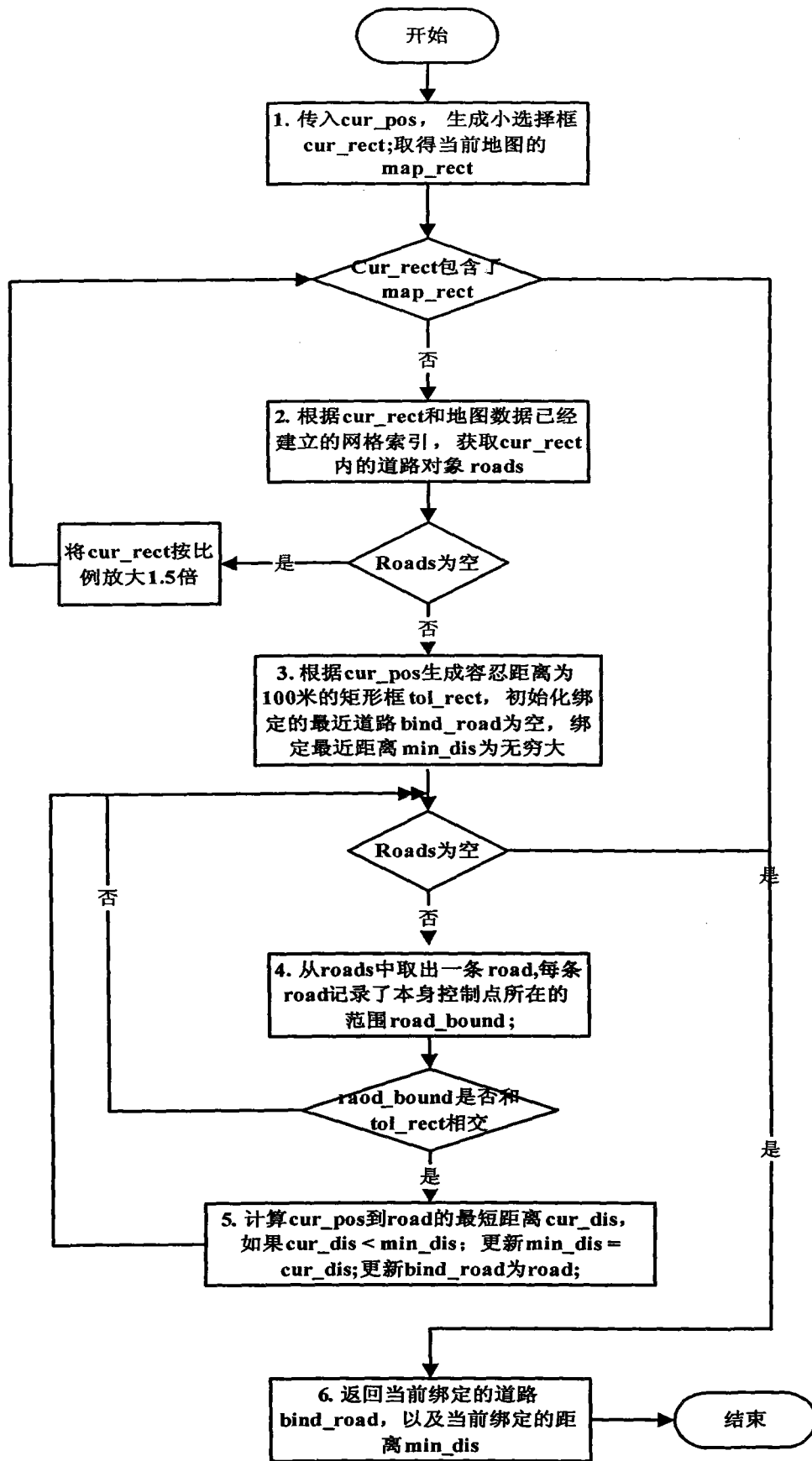


图 2