



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104075720 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 01

(21) 申请号 201310098525. 9

(22) 申请日 2013. 03. 26

(71) 申请人 日电(中国)有限公司  
地址 100191 北京市海淀区学院路 35 号世  
宁大厦 20 层

(72) 发明人 李曼 胡卫松

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021

代理人 闫晔

(51) Int. Cl.  
G01C 21/34(2006. 01)

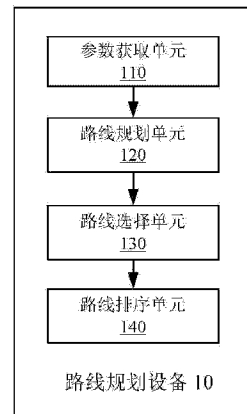
权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

基于多代价的路线规划设备和方法

(57) 摘要

本发明提供了一种基于多个代价的路线规划设备,包括:参数获取单元,被配置为获取位置信息和用户偏好,所述用户偏好包括多个代价及其相应的权重;路线规划单元,被配置为基于位置信息来计算路线,并基于用户偏好从计算得到的路线中选择结果路线;路线选择单元,被配置为将结果路线的多个代价进行标准化,并基于标准化的代价来选择满足用户偏好的路线;以及路线排序单元,被配置为按照所选择的路线的代价与用户偏好的符合程度,对所选择的路线进行排序。还提供了一种基于多个代价的路线规划方法。本发明通过考虑用户所关心的多个代价及其权重,可以更好地规划路线。



1. 一种基于多个代价的路线规划设备,包括:

参数获取单元,被配置为获取位置信息和用户偏好,所述用户偏好包括多个代价及其相应的权重;

路线规划单元,被配置为基于位置信息来计算路线,并基于用户偏好从计算得到的路线中选择结果路线;

路线选择单元,被配置为将结果路线的多个代价进行标准化,并基于标准化的代价来选择满足用户偏好的路线;以及

路线排序单元,被配置为按照所选择的路线的代价与用户偏好的符合程度,对所选择的路线进行排序。

2. 根据权利要求1所述的基于多个代价的路线规划设备,其中,所述用户偏好是由用户设置的或基于用户的历史数据自动获得的。

3. 根据权利要求1所述的基于多个代价的路线规划设备,其中,所述结果路线至少在一个代价上优于其他路线,并且所述结果路线在其他代价上不比其他路线的相应代价差。

4. 根据权利要求1所述的基于多个代价的路线规划设备,其中,所述路线选择单元还被配置为:

针对每个代价,将起点和终点之间的所有路线上该代价的最小值除以所有路线中每一路线上该代价的值,作为每一路线上该代价的标准化值;以及

将每一路线上的每个代价的标准化值与用户偏好中相应的权重进行比较,并选择在所有代价上都满足用户偏好的路线。

5. 根据权利要求1所述的基于多个代价的路线规划设备,其中,所述路线排序单元还被配置为:针对每一条路线,基于该路线的标准化代价和用户偏好中相应代价的权重来构造表示该路线的代价和用户偏好的两条折线,并且基于这两条折线之间的相似度来计算该路线的所有代价值和用户偏好的符合程度。

6. 根据权利要求1所述的基于多个代价的路线规划设备,其中,所述路线规划单元包括:

路线探索单元,被配置为探索从起点开始的每一个邻接节点以形成可能的路线;

路线代价估计单元,被配置为对路线的代价进行估计;以及

路线剪枝单元,被配置为根据特定的剪枝原则指示路线探索单元停止对当前路线进行探索。

7. 根据权利要求6所述的基于多个代价的路线规划设备,其中,所述路线代价估计单元还被配置为:针对某个路线,将该路线中已探索的路径上的特定代价的值与还未探索的路径上的估计的特定代价的值相加,以获得该路线的特定代价的估计值。

8. 根据权利要求6所述的基于多个代价的路线规划设备,其中,所述路线剪枝单元还被配置为:对于任意一个代价,如果当前路线上该代价的值大于特定阈值,则指示路线探索单元停止对当前路线进行探索。

9. 根据权利要求6所述的基于多个代价的路线规划设备,其中,所述路线剪枝单元还被配置为:如果存在已经完全探索过的路线且该路线控制当前路线,则指示路线探索单元停止对当前路线进行探索。

10. 根据权利要求6所述的基于多个代价的路线规划设备,其中,所述路线剪枝单元还

被配置为：如果存在已经探索过的子路线且该子路线控制当前路线的相应子路线，则指示路线探索单元停止对当前路线进行探索。

11. 一种基于多个代价的路线规划方法，包括：

获取位置信息和用户偏好，所述用户偏好包括多个代价及其相应的权重；

基于位置信息来计算路线，并基于用户偏好从计算得到的路线中选择结果路线；

将结果路线的多个代价进行标准化，并基于标准化的代价来选择满足用户偏好的路线；以及

按照所选择的路线的代价与用户偏好的符合程度，对所选择的路线进行排序。

12. 根据权利要求 11 所述的基于多个代价的路线规划方法，其中，所述用户偏好是由用户设置的或基于用户的历史数据自动获得的。

13. 根据权利要求 11 所述的基于多个代价的路线规划方法，其中，所述结果路线至少在一个代价上优于其他路线，并且所述结果路线在其他代价上不比其他路线的相应代价差。

14. 根据权利要求 11 所述的基于多个代价的路线规划方法，其中，将结果路线的多个代价进行标准化并基于标准化的代价来选择满足用户偏好的路线包括：

针对每个代价，将起点和终点之间的所有路线上该代价的最小值除以所有路线中每一路线上该代价的值，作为每一路线上该代价的标准化值；以及

将每一路线上的每个代价的标准化值与用户偏好中相应的权重进行比较，并选择在所有代价上都满足用户偏好的路线。

15. 根据权利要求 11 所述的基于多个代价的路线规划方法，其中，针对每一条路线，基于该路线的标准化代价和用户偏好中相应代价的权重来构造表示该路线的代价和用户偏好的两条折线，并且基于这两条折线之间的相似度来计算该路线的所有代价值和用户偏好的符合程度。

16. 根据权利要求 11 所述的基于多个代价的路线规划方法，其中，基于位置来计算路线并基于用户偏好从计算得到的路线中选择结果路线包括：

探索从起点开始的每一个邻接节点以形成可能的路线；

对路线的代价进行估计；以及

根据特定的剪枝原则停止对当前路线进行探索。

17. 根据权利要求 16 所述的基于多个代价的路线规划方法，其中，对路线的代价进行估计包括：

针对某个路线，将该路线中已探索的路径上的特定代价的值与还未探索的路径上的估计的特定代价的值相加，以获得该路线的特定代价的估计值。

18. 根据权利要求 16 所述的基于多个代价的路线规划方法，其中，根据特定的剪枝原则停止对当前路线进行探索包括：对于任意一个代价，如果当前路线上该代价的值大于特定阈值，则停止对当前路线进行探索。

19. 根据权利要求 16 所述的基于多个代价的路线规划方法，其中，根据特定的剪枝原则停止对当前路线进行探索包括：如果存在已经完全探索过的路线且该路线控制当前路线，则停止对当前路线进行探索。

20. 根据权利要求 16 所述的基于多个代价的路线规划方法，其中，根据特定的剪枝原

则停止对当前路线进行探索包括：如果存在已经探索过的子路线且该子路线控制当前路线的相应子路线，则停止对当前路线进行探索。

## 基于多代价的路线规划设备和方法

### 技术领域

[0001] 本申请涉及数据分析领域,具体涉及一种基于多代价的路线规划设备和方法。

### 背景技术

[0002] 当用户在规划出行路线的时候,通常要同时考虑多个出行代价,例如时间、费用、距离、能耗等。但是在实际中,通常很难找出一条路线,其所有代价都是最优的。因此需要用户权衡这些代价,给他们不同的权值。权值越大说明该代价的重要性越高,也就是说规划出的路线的该代价越接近最优值。

[0003] 针对用户关心的代价,可以运用 Dijkstra 或 A\* 等路线探索算法,快速地计算出可能的出行路线,并将结果路线集呈现给用户。

[0004] 有些现有的方法针对用户最关心的一个代价使用最短路算法,规划在该代价上的最优路线,例如最快路线、最节能路线等。有些现有的方法针对用户最关心的多个代价,但是不区分这些代价的权重,即认为用户关心的这些代价同样重要。因此,现有的方法没有考虑多个代价不同的权重,无法区分多个代价之间的重要程度。例如,很多人都关心时间,但时间代价对每个人的重要程度是不同的。此外,现有的方法只是返回一组结果路线,但没有将这些路线按照与用户偏好的相似度进行排序。

### 发明内容

[0005] 本发明考虑用户所关心的多个代价及其权重来进行路线规划。此外,本发明提出一种快速路线剪枝方案,减少了路线探索过程中的搜索空间,从而尽快得到结果路线。本发明还可以基于结果路线和用户偏好的符合程度,对结果路线进行排序。

[0006] 根据本发明的第一方面,提供了一种基于多个代价的路线规划设备,包括:参数获取单元,被配置为获取位置信息和用户偏好,所述用户偏好包括多个代价及其相应的权重;路线规划单元,被配置为基于位置信息来计算路线,并基于用户偏好从计算得到的路线中选择结果路线;路线选择单元,被配置为将结果路线的多个代价进行标准化,并基于标准化的代价来选择满足用户偏好的路线;以及路线排序单元,被配置为按照所选择的路线的代价与用户偏好的符合程度,对所选择的路线进行排序。

[0007] 优选地,所述用户偏好是由用户设置的或基于用户的历史数据自动获得的。

[0008] 优选地,所述结果路线至少在一个代价上优于其他路线,并且所述结果路线在其他代价上不比其他路线的相应代价差。

[0009] 优选地,所述路线选择单元还被配置为:针对每个代价,将起点和终点之间的所有路线上该代价的最小值除以所有路线中每一路线上该代价的值,作为每一路线上该代价的标准化值;以及将每一路线上的每个代价的标准化值与用户偏好中相应的权重进行比较,并选择在所有代价上都满足用户偏好的路线。

[0010] 优选地,所述路线排序单元还被配置为:针对每一条路线,基于该路线的标准化代价和用户偏好中相应代价的权重来构造表示该路线的代价和用户偏好的两条折线,并且基

于这两条折线之间的相似度来计算该路线的所有代价值和用户偏好的符合程度。

[0011] 优选地,所述路线规划单元包括:路线探索单元,被配置为探索从起点开始的每一个邻接节点以形成可能的路线;路线代价估计单元,被配置为对路线的代价进行估计;以及路线剪枝单元,被配置为根据特定的剪枝原则指示路线探索单元停止对当前路线进行探索。

[0012] 优选地,所述路线代价估计单元还被配置为:针对某个路线,将该路线中已探索的路径上的特定代价的值与还未探索的路径上的估计的特定代价的值相加,以获得该路线的特定代价的估计值。

[0013] 优选地,所述路线剪枝单元还被配置为:对于任意一个代价,如果当前路线上该代价的值大于特定阈值,则指示路线探索单元停止对当前路线进行探索。

[0014] 优选地,所述路线剪枝单元还被配置为:如果存在已经完全探索过的路线且该路线控制当前路线,则指示路线探索单元停止对当前路线进行探索。

[0015] 优选地,所述路线剪枝单元还被配置为:如果存在已经探索过的子路线且该子路线控制当前路线的相应子路线,则指示路线探索单元停止对当前路线进行探索。

[0016] 根据本发明的第二方面,提供了一种基于多个代价的路线规划方法,包括:获取位置信息和用户偏好,所述用户偏好包括多个代价及其相应的权重;基于位置信息来计算路线,并基于用户偏好从计算得到的路线中选择结果路线;将结果路线的多个代价进行标准化,并基于标准化的代价来选择满足用户偏好的路线;以及按照所选择的路线的代价与用户偏好的符合程度,对所选择的路线进行排序。

[0017] 优选地,所述用户偏好是由用户设置的或基于用户的历史数据自动获得的。

[0018] 优选地,所述结果路线至少在一个代价上优于其他路线,并且所述结果路线在其他代价上不比其他路线的相应代价差。

[0019] 优选地,将结果路线的多个代价进行标准化并基于标准化的代价来选择满足用户偏好的路线包括:针对每个代价,将起点和终点之间的所有路线上该代价的最小值除以所有路线中每一路线上该代价的值,作为每一路线上该代价的标准化值;以及将每一路线上的每个代价的标准化值与用户偏好中相应的权重进行比较,并选择在所有代价上都满足用户偏好的路线。

[0020] 优选地,针对每一条路线,基于该路线的标准化代价和用户偏好中相应代价的权重来构造表示该路线的代价和用户偏好的两条折线,并且基于这两条折线之间的相似度来计算该路线的所有代价值和用户偏好的符合程度。

[0021] 优选地,基于位置来计算路线并基于用户偏好从计算得到的路线中选择结果路线包括:探索从起点开始的每一个邻接节点以形成可能的路线;对路线的代价进行估计;以及根据特定的剪枝原则停止对当前路线进行探索。

[0022] 优选地,对路线的代价进行估计包括:针对某个路线,将该路线中已探索的路径上的特定代价的值与还未探索的路径上的估计的特定代价的值相加,以获得该路线的特定代价的估计值。

[0023] 优选地,根据特定的剪枝原则停止对当前路线进行探索包括:对于任意一个代价,如果当前路线上该代价的值大于特定阈值,则停止对当前路线进行探索。

[0024] 优选地,根据特定的剪枝原则停止对当前路线进行探索包括:如果存在已经完全

探索过的路线且该路线控制当前路线,则停止对当前路线进行探索。

[0025] 优选地,根据特定的剪枝原则停止对当前路线进行探索包括:如果存在已经探索过的子路线且该子路线控制当前路线的相应子路线,则停止对当前路线进行探索。

[0026] 本发明通过考虑用户所关心的多个代价及其权重,可以更好地规划路线。另外,本发明减少了路线探索过程中的搜索空间,从而能够更快地获得规划的路线。

## 附图说明

[0027] 通过下文结合附图的详细描述,本发明的上述和其它特征将会变得更加明显,其中:

[0028] 图 1 是示出了根据本发明一个实施例的路线规划设备的框图。

[0029] 图 2 是示出了图 1 所示的路线规划设备中的路线规划单元的另一示例的框图。

[0030] 图 3(a)-(e) 是示出了图 2 所示的路线规划单元的操作的示意图。

[0031] 图 4 是示出了根据本发明一个实施例的路线规划方法的流程图。

## 具体实施方式

[0032] 下面,通过结合附图对本发明的具体实施例的描述,本发明的原理和实现将会变得明显。应当注意的是,本发明不应局限于下文所述的具体实施例。另外,为了简便起见,省略了与本发明无关的公知技术的详细描述。

[0033] 图 1 是示出了根据本发明一个实施例的路线规划设备的框图。如图 1 所示,路线规划设备 10 包括参数获取单元 110、路线规划单元 120、路线选择单元 130 和路线排序单元 140。下面,详细描述本实施例中的路线规划设备 10 的各个组件的操作。

[0034] 参数获取单元 110 被配置为获取位置信息和用户偏好。例如,位置信息可以包括用户指定的路网中的位置点(起点和终点)。用户偏好可以包括多个代价及其相应的权重(权值)。代价的权值可以介于 0 和 1 之间,其描述了该代价与最优值的接近程度。如果某个代价的权值接近于 1,说明用户很关心该代价并且希望路线在代价上的值要接近最优值。反之,如果某代价的权值接近于 0,说明用户不关心该代价。

[0035] 多个代价可以包括时间、距离、费用、能耗等。用户偏好可以由用户自己来设定,也可以是基于用户的历史数据自动抽取获得的。此外,用户偏好可能随着时间和区域而变化。

[0036] 路线规划单元 120 被配置为基于位置信息来计算路线,并基于用户偏好从计算得到的路线中选择结果路线。例如,路线规划单元 120 可以计算起点到终点之间所有可能的路线,并基于这些路线代价之间的“控制”关系来选出一组不能被其他路线“控制”的路线作为最终的结果路线。其中,“控制”的定义如下:假设有两条从 O 点到 D 点的路线  $R_i(O, D)$  和  $R_j(O, D)$ 。那么,路线  $R_i(O, D)$  被称为控制路线  $R_j(O, D)$  当且仅当:路线  $R_i(O, D)$  至少在一个代价上优于路线  $R_j(O, D)$ , 并且路线  $R_i(O, D)$  在其他代价上不比  $R_j(O, D)$  差。

[0037] 路线选择单元 130 被配置为将结果路线的多个代价进行标准化,并基于标准化的代价来选择满足用户偏好的路线。例如,路线选择单元 130 可以按照以下方式来选择路线:

[0038] ■ 将一条路线  $R_i$  的代价  $c_j$  的值记为  $f_{c_j}(R_i)$ 。

[0039] ■ 对任意一条路线  $R_i$ , 将其代价  $c_j$  标准化后的值记为  $\text{Std}_{c_j}(R_i) = \min(c_j) / f_{c_j}(R_i)$ 。其中,

[0040]  $\min(c_j) = \min(f_{c_j}(R1), f_{c_j}(R2), \dots, f_{c_j}(Ri), \dots, f_{c_j}(Rn))$ , 即,

[0041]  $\min(c_j)$  就是所有路线的  $f_{c_j}(Ri)$  中的最小值。

[0042] ■ 对任意一条路线  $Ri$ , 比较  $\text{Std}_{c_j}(Ri)$  和用户偏好中的相应代价的权重 (即  $\text{weight}(c_j)$ )。如果存在  $\text{Std}_{c_j}(Ri) < \text{weight}(c_j)$ , 则说明关于代价  $c_j$ , 该路线  $Ri$  不满足用户偏好, 所以不选择  $Ri$ 。反之, 选择在所有代价上都满足用户偏好的路线。即, 所选择的路线是关于每个代价  $c_j$  都满足  $\text{Std}_{c_j}(Ri) \geq \text{weight}(c_j)$  的路线。

[0043] 路线排序单元 140 被配置为按照所选择的路线的代价与用户偏好的符合程度对所选择的路线进行排序。例如, 对于路线选择单元 130 选出的任意路线  $Ri$ , 路线排序单元 140 首先基于  $\text{Std}_{c_j}(Ri)$  和  $\text{weight}(c_j)$  构造两条折线  $\text{PLri}$  和  $\text{PLpref}$ , 分别表示路线  $Ri$  的代价以及用户偏好。折线的构造方法为坐标轴的横轴为代价, 每个刻度代表一个代价  $c_j$ , 纵轴为 0 和 1 之间的值。对于折线  $\text{PLri}$ , 其在横轴  $c_j$  处对应的值就是  $Ri$  在代价  $c_j$  上的标准化后的值  $\text{Std}_{c_j}(Ri)$ 。对于折线  $\text{PLpref}$ , 其在横轴  $c_j$  处对应的值就是用户偏好在代价  $c_j$  上的权重  $\text{weight}(c_j)$ 。然后, 基于这两条折线之间的相似度来表示该路线的所有代价值和用户偏好的符合程度, 记为  $\text{Sim}(Ri)$ 。两条折线的相似度越大说明该路线与用户偏好的符合程度越高。

[0044] 例如, 两条折线  $\text{PLri}$  和  $\text{PLpref}$  的相似度可以通过计算两折线相应各段的夹角来获得, 方法如下:

$$[0045] \quad \text{Sim}(Ri) = \begin{cases} 1 / \sum_{k=1}^{ncost-1} \text{Ang}(\text{PLri}_k, \text{PLpref}_k) & \left( \sum_{k=1}^{ncost-1} \text{Ang}(\text{PLri}_k, \text{PLpref}_k) \neq 0 \right) \\ 1 & \left( \sum_{k=1}^{ncost-1} \text{Ang}(\text{PLri}_k, \text{PLpref}_k) = 0 \right) \end{cases}$$

[0046] 其中, 横轴中第一个刻度到第二个刻度之间的线段为该折线的第 1 段, 第二个刻度到第三个刻度之间的线段为该折线的第 2 段, 依次类推…… $\text{PLri}_k$  表示折线  $\text{PLri}$  的第  $k$  段。 $\text{PLpref}_k$  表示折线  $\text{PLpref}$  的第  $k$  段。 $k$  的最大值为代价的个数 ( $ncost$ ) 减 1。 $\text{Ang}(\text{PLri}_k, \text{PLpref}_k)$  是指折线  $\text{PLri}$  的第  $k$  段和  $\text{PLpref}$  的第  $k$  段的夹角。其计算方法为: (1) 当  $\text{PLri}_k$  的斜率和  $\text{PLpref}_k$  的斜率同号时,  $\text{Ang}(\text{PLri}_k, \text{PLpref}_k)$  为  $\text{PLri}_k$  和  $\text{PLpref}_k$  之间的夹角的锐角。(2) 当  $\text{PLri}_k$  的斜率和  $\text{PLpref}_k$  的斜率为异号时,  $\text{Ang}(\text{PLri}_k, \text{PLpref}_k)$  为  $\text{PLri}_k$  和  $\text{PLpref}_k$  之间的夹角的钝角。两折线的夹角和越大, 说明两折线的相似度越低, 即该路线和用户偏好的符合程度越低。当  $\sum_{k=1}^{ncost-1} \text{Ang}(\text{PLri}_k, \text{PLpref}_k) = 0$  时, 表示  $\text{PLri}$  和  $\text{PLpref}$  在每段上的夹角都为 0, 说明该路线的所有代价值完全符合用户偏好, 即符合程度为 1。

[0047] 然后, 路线排序单元 14 根据  $\text{Sim}(Ri)$  的大小将路线进行排序。例如, 与用户偏好符合程度最高的路线将排在结果集的前面。

[0048] 本实施例的基于多个代价的路线规划设备能够考虑用户所关心的多个代价及其权重, 从而可以更好地规划满足用户偏好的路线。

[0049] 下面, 结合图 2 来描述该实施例的一个变体。

[0050] 图 2 是示出了图 1 所示的路线规划设备中的路线规划单元的另一示例的框图。如图 2 所示, 路线规划单元 120 包括路线探索单元 210、路线代价估计单元 220 和路线剪枝单



元 230。下面,结合图 3(a)-(e) 来详细描述路线规划单元 120 中的各个组件的操作。

[0051] 路线探索单元 210 被配置为探索从起点开始的每一个邻接节点以形成可能的路线,直至到达终点 D。在此过程中,用  $R_j(0, P_i, D)$  表示当前正在探索的经过点  $P_i$  的路线,其中  $P_i$  表示当前路线的最远的探索点,即从起点 0 到  $P_i$  的路径已经探索过,而从  $P_i$  到 D 的路径还未探索。

[0052] 图 3(a) 示出了路线探索单元 210 的示例操作的示意图。图中 0 是起点,D 是终点。 $v_1, v_2, v_3 \dots$  是路网中的节点。两个节点之间的边上示出了两个节点间的路段的代价值。假设用户的偏好为:代价 1 = 长度,  $\text{weight}(\text{长度}) = 0.8$ ; 代价 2 = 时间,  $\text{weight}(\text{时间}) = 0.4$ ; 代价 3 = 费用,  $\text{weight}(\text{费用}) = 0.6$ 。

[0053] 从图 3(a) 可以看出,路线探索单元 210 当前正在探索的从起点 0 到终点 D 的路线为  $R_1(0, v_4, D)$  和  $R_2(0, v_5, D)$ 。其中子路线  $\{0, v_1, v_5\}$  和  $\{0, v_1, v_4\}$  是已经探索过的。

[0054] 路线代价估计单元 220 被配置为对路线的代价进行估计。例如,可以把当前正在探索的路线  $R_j(0, P_i, D)$  关于代价  $c_j$  的值记为  $f_{c_j}(P_i)$ 。其中,因为从起点 0 到  $P_i$  的路径已经探索过,所以该路段的代价是真实的,记为  $g_{c_j}(P_i)$ 。然而,从点  $P_i$  到终点 D 的路段未被探索过,所以该路段的代价需要估算,记为  $h_{c_j}(P_i)$ 。因此,  $f_{c_j}(P_i)$  计算如下:

$$[0055] \quad f_{c_j}(P_i) = g_{c_j}(P_i) + h_{c_j}(P_i)$$

[0056] 其中  $g_{c_j}(P_i)$  是从起点 0 到  $P_i$  的路段的真实代价值,  $h_{c_j}(P_i)$  是从  $P_i$  到终点 D 的估计值,  $h_{c_j}(P_i) = \text{lower}_{c_j}(P_i, D)$ , 其中,  $\text{lower}_{c_j}(P_i, D)$  是从  $P_i$  到终点 D 的代价  $c_j$  的下界值,该下界值可以利用已有的方法获取(例如单参考集合的方法)。

[0057] 仍参考图 3(a),对于当前正在探索的路径  $R_1(0, v_5, D)$  的代价,路线代价估计单元 220 的计算结果如下:

$$[0058] \quad f_{\text{长度}}(v_5) = g_{\text{长度}}(v_5) + h_{\text{长度}}(v_5) = 4 + 6 + \text{lower}_{\text{长度}}(v_5, D) = 19$$

$$[0059] \quad f_{\text{时间}}(v_5) = g_{\text{时间}}(v_5) + h_{\text{时间}}(v_5) = 3 + 4 + \text{lower}_{\text{时间}}(v_5, D) = 11$$

$$[0060] \quad f_{\text{费用}}(v_5) = g_{\text{费用}}(v_5) + h_{\text{费用}}(v_5) = 3 + 35 + \text{lower}_{\text{费用}}(v_5, D) = 10$$

[0061] 类似的,对于当前正在探索的路径  $R_1(0, v_4, D)$  的代价,路线代价估计单元 220 的计算结果如下:

$$[0062] \quad f_{\text{长度}}(v_4) = 14$$

$$[0063] \quad f_{\text{时间}}(v_4) = 8$$

$$[0064] \quad f_{\text{费用}}(v_4) = 8$$

[0065] 路线剪枝单元 230 被配置为根据特定的剪枝原则指示路线探索单元 210 停止对当前路线进行探索。在本申请中,剪枝原则可以包括:

[0066] (1) 对于任意一个代价,如果当前路线上该代价的值大于特定阈值,则停止对当前路线进行探索。换句话说,如果对于任意一个代价  $c_j$ ,存在  $f_{c_j}(P_i) > \text{Upper}_{c_j}(0, D) / \text{weight}(c_i)$ ,那么停止沿路线  $R_j(0, P_i, D)$  的继续探索。其中,  $\text{Upper}_{c_j}(0, D)$  是从起点 0 到终点 D 关于代价  $c_j$  的上界,该上界值可以利用已有的方法获取(例如单参考集合的方法)。

[0067] 参考图 3(b),其中示出了路线剪枝单元 230 根据剪枝原则 (1) 执行剪枝的过程。假设已知起点 0 和终点 D 之间的路径代价的上界如下:  $\text{Upper}_{\text{长度}}(0, D) = 15$ ,  $\text{Upper}_{\text{时间}}(0, D) = 13$ ,  $\text{Upper}_{\text{费用}}(0, D) = 12$ 。基于用户偏好:(代价 1 = 长度,  $\text{weight}(\text{长度}) = 0.8$ ; 代价 2 = 时间,  $\text{weight}(\text{时间}) = 0.4$ ; 代价 3 = 费用,  $\text{weight}(\text{费用}) = 0.6$ ),可以得到:

[0068]  $Upper_{长度}(0, D)/weight(长度) = 18.75$  ;

[0069]  $Upper_{时间}(0, D)/weight(时间) = 32.5$  ;

[0070]  $Upper_{费用}(0, D)/weight(费用) = 20$ 。

[0071] 因为  $f_{长度}(V5) = 19 > Upper_{长度}(0, D)/weight(长度) = 18.75$ , 所以  $R2(0, V5, D)$  将被剪枝。即, 路线剪枝单元 230 指示路线探索单元 210 停止对  $R2(0, V5, D)$  进行探索。

[0072] 另外, 因为对于每个代价  $c_j$  都满足  $f_{c_j}(V4) < Upper_{c_j}(0, D)/weight(c_i)$ , 所以路线探索单元 210 继续探索  $R1(0, V4, D)$ 。

[0073] (2) 如果存在已经完全探索过的路线且该路线控制当前路线, 则停止对当前路线进行探索。换句话说, 如果存在一条从起点 0 到终点 D 已经完全探索过的路线  $R_i(0, D)$ , 并且  $R_i(0, D)$  控制当前正在探索的路径  $R_j(0, P_i, D)$ , 那么停止沿路线  $R_j(0, P_i, D)$  的继续探索。

[0074] 参考图 3(c), 其中示出了路线剪枝单元 230 根据剪枝原则 (2) 执行剪枝的过程。紧跟图 3(b) 所示的过程, 路线探索单元 210 继续探索路线  $R1(0, V4, D)$ , 得到当前正在探索的路线为  $R3(0, v7, D)$  和  $R4(0, D) = \{0, v1, v4, D\}$ 。其中  $R4(0, D)$  中的每个节点都被探索过。即,  $R4(0, D)$  是一条被完全探索过的路线。

[0075] 路线代价估计单元 220 计算  $R4(0, D)$  的代价。因为  $f_{c_j}(R4(0, D)) = g_{c_j}(R4(0, D))$ , 所以得到:  $f_{长度}(R4(0, D)) = 4+5+6 = 15$ ,  $f_{时间}(R4(0, D)) = 10$ ,  $f_{费用}(R4(0, D)) = 9$ 。

[0076] 路线代价估计单元 220 估算  $R3(0, v7, D)$  的代价。因为  $f_{c_j}(V7) = g_{c_j}(V7) + lower_{c_j}(V7, D)$ , 所以得到  $f_{长度}(V7) = 17$ ,  $f_{时间}(V7) = 11$ ,  $f_{费用}(V7) = 12$ 。因为对于每个  $c_j$ ,  $f_{c_j}(R4(0, D))$  都优于  $f_{c_j}(V7)$ , 所以路线剪枝单元 230 可以确定: 路线  $R4(0, D)$  控制路线  $R3(0, V1, V4, V7, D)$ 。因此, 路线  $R3(0, V1, V4, V7, D)$  被剪枝。即, 路线剪枝单元 230 指示路线探索单元 210 停止对  $R3(0, V1, V4, V7, D)$  进行探索。

[0077] (3) 如果存在已经探索过的子路线且该子路线控制当前路线的相应子路线, 则停止对当前路线进行探索。换句话说, 如果存在其他一条从起点 0 到当前点  $P_i$  的已经完全探索过的子路线  $P_k(0, P_i)$ , 并且  $P_k(0, P_i)$  控制当前正在探索的路线  $R_j(0, P_i, D)$  的子路线  $R_j(0, P_i)$ , 那么停止沿路线  $R_j(0, P_i, D)$  的继续探索。

[0078] 参考图 3(d), 其中示出了路线剪枝单元 230 根据剪枝原则 (3) 执行剪枝的过程。紧跟图 3(c) 所示的过程, 路线探索单元 210 继续探索其他的路径。假设当前正在探索的路线为  $R5(0, V4, D)$ , 其中子路线  $\{0, V2, V4\}$  已被探索过。

[0079] 路线代价估计单元 220 计算子路线  $\{0, V2, V4\}$  的代价, 得到:

[0080]  $g_{长度}(\{0, V2, V4\}) = 10$ ,  $g_{时间}(\{0, V2, V4\}) = 7$ ,  $g_{费用}(\{0, V2, V4\}) = 8$ 。

[0081] 存在其它的从 0 到  $V4$  的已探索过的子路线  $\{0, V1, V4\}$ , 路线代价估计单元 220 计算其代价得到:

[0082]  $g_{长度}(\{0, V1, V4\}) = 9$ ,  $g_{时间}(\{0, V1, V4\}) = 7$ ,  $g_{费用}(\{0, V1, V4\}) = 6$ 。

[0083] 因为子路线  $\{0, V1, V4\}$  控制子路线  $\{0, V2, V4\}$ , 因而路线  $R5(0, V4, D)$  被剪枝。即, 路线剪枝单元 230 指示路线探索单元 210 停止对  $R5(0, V2, V4, D)$  进行探索。

[0084] 参考图 3(d), 假设继续探索经过  $V3$  的路线, 最终得到两条路线:  $R4(0, D) = \{0, v1, v4, D\}$  和  $R6(0, D) = \{0, V2, V3, V7, D\}$ 。计算这两条路径的代价如下:

[0085]  $g_{长度}(R4) = 15$ ,  $g_{时间}(R4) = 10$ ,  $g_{费用}(R4) = 9$ 。

[0086]  $g_{\text{长度}}(R6) = 18.6, g_{\text{时间}}(R6) = 9, g_{\text{费用}}(R6) = 13。$

[0087] 通过比较上述两条路线的代价,得到每个代价的最小值为  $\min(\text{长度}) = 15,$   
 $\min(\text{时间}) = 9, \min(\text{费用}) = 9。$

[0088] 然后,路线选择单元 130 可以对路线 R4 和 R6 的代价进行标准化。具体地:

[0089]  $\text{Std}_{\text{长度}}(R4) = \min(\text{长度})/f_{\text{长度}}(R4) = 15/15 = 1$

[0090]  $\text{Std}_{\text{时间}}(R4) = \min(\text{时间})/f_{\text{时间}}(R4) = 9/10 = 0.9$

[0091]  $\text{Std}_{\text{费用}}(R4) = \min(\text{费用})/f_{\text{费用}}(R4) = 9/9 = 1$

[0092]  $\text{Std}_{\text{长度}}(R6) = \min(\text{长度})/f_{\text{长度}}(R6) = 15/18.6 = 0.8$

[0093]  $\text{Std}_{\text{时间}}(R6) = \min(\text{时间})/f_{\text{时间}}(R6) = 9/9 = 1$

[0094]  $\text{Std}_{\text{费用}}(R6) = \min(\text{费用})/f_{\text{费用}}(R6) = 9/15 = 0.6$

[0095] 由于用户偏好中的相应权重为:  $\text{weight}(\text{长度}) = 0.8, \text{weight}(\text{时间}) = 0.4, \text{weight}(\text{费用}) = 0.6,$  因此,对于路线 R4 的每个代价  $c_j,$  都满足  $\text{Std}_{c_j}(R4) \geq \text{weight}(c_j);$  对于路线 R6 的每个代价  $c_j,$  都满足  $\text{Std}_{c_j}(R6) \geq \text{weight}(c_j)。$  所以, R4 和 R6 都是最终选择的满足用户偏好的路线。

[0096] 路线排序单元 140 分别计算 R4 与用户偏好的符合程度  $\text{Sim}(R4)$  以及 R6 与用户偏好的符合程度  $\text{Sim}(R6)。$  参考图 3(e), 其中的折线 PLpref 表示用户偏好, PLR4 表示 R4 的标准化后的代价, PLR6 表示 R6 的标准化后的代价。R4 与用户偏好的符合程度可以通过计算折线 PLR4 和 PLpref 的相似度而获得:

[0097]  $\text{Sim}(R4) = 1/(16.38+11.30) = 1/27.68 = 0.036$

[0098] 类似的, R6 与用户偏好的符合程度可以通过计算折线 PLR6 和 PLpref 的相似度而获得:

[0099]  $\text{Sim}(R6) = 1/(151.58+4.8) = 1/156.38 = 0.006$

[0100] 因为  $\text{Sim}(R4) > \text{Sim}(R6),$  所以 R4 更符合用户的偏好。那么,路线排序单元 140 将这两条路线排序如下:

[0101] 1. R4 {0, v1, v4, D};

[0102] 2. R6 {0, v2, v3, v7, D}.

[0103] 本实施例的基于多个代价的路线规划设备不仅考虑了用户所关心的多个代价及其权重,而且减少了路线探索过程中的搜索空间,从而能够更快地规划满足用户偏好的路线。

[0104] 图 4 是示出了根据本发明一个实施例的路线规划方法的流程图。如图 4 所示,方法 40 在步骤 S410 处开始执行。

[0105] 在步骤 S420, 获取位置信息和用户偏好。例如,位置信息可以包括用户指定的路网中的位置点(起点和终点)。用户偏好可以包括多个代价及其相应的权重(权值)。用户偏好可以由用户设置,或者基于用户的历史数据自动获得。

[0106] 在步骤 S430, 基于位置信息来计算路线,并基于用户偏好从计算得到的路线中选择结果路线。其中,结果路线至少在一个代价上优于其他路线,并且在其他代价上不比其他路线的相应代价差。

[0107] 备选地,步骤 S430 还可以包括:探索从起点开始的每一个邻接节点以形成可能的路线;对路线的代价进行估计;以及根据特定的剪枝原则停止对当前路线进行探索。其

中,对路线的代价进行估计可以包括:针对某个路线,将该路线中已探索的路径上的特定代价的值与还未探索的路径上的估计的特定代价的值相加,以获得该路线的特定代价的估计值。剪枝原则可以包括以下任意一项:(1)对于任意一个代价,如果当前路线上该代价的值大于特定阈值,则停止对当前路线进行探索;(2)如果存在已经完全探索过的路线且该路线控制当前路线,则停止对当前路线进行探索;(3)如果存在已经探索过的子路线且该子路线控制当前路线的相应子路线,则停止对当前路线进行探索。

[0108] 在步骤 S440,将结果路线的多个代价进行标准化,并基于标准化的代价来选择满足用户偏好的路线。例如,该步骤具体可以包括:针对每个代价,将起点和终点之间的所有路线上该代价的最小值除以所有路线中每一路线上该代价的值,作为每一路线上该代价的标准化值;以及将每一路线上的每个代价的标准化值与用户偏好中相应的权重进行比较,并选择在所有代价上都满足用户偏好的路线。

[0109] 在步骤 S450,按照所选择的路线的代价与用户偏好的符合程度,对所选择的路线进行排序。将与用户偏好的符合程度最高的路线排在结果集的前面。

[0110] 最后,方法 40 在步骤 S460 处结束。

[0111] 应该理解,本发明的上述实施例可以通过软件、硬件或者软件和硬件两者的结合来实现。例如,上述实施例中的基于多个代价的路线规划设备内的各种组件可以通过多种器件来实现,这些器件包括但不限于:模拟电路、数字电路、通用处理器、数字信号处理(DSP)电路、可编程处理器、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)、可编程逻辑器件(CPLD),等等。

[0112] 另外,本领域的技术人员可以理解,本发明实施例中描述的参数可以存储在本地数据库中,也可以存储在分布式数据库中或者可以存储在远程数据库中。

[0113] 此外,这里所公开的本发明的实施例可以在计算机程序产品上实现。更具体地,该计算机程序产品是如下的一种产品:具有计算机可读介质,计算机可读介质上编码有计算机程序逻辑,当在计算设备上执行时,该计算机程序逻辑提供相关的操作以实现本发明的上述技术方案。当在计算系统的至少一个处理器上执行时,计算机程序逻辑使得处理器执行本发明实施例所述的操作(方法)。本发明的这种设置典型地提供为设置或编码在例如光介质(例如 CD-ROM)、软盘或硬盘等的计算机可读介质上的软件、代码和/或其他数据结构、或者诸如一个或多个 ROM 或 RAM 或 PROM 芯片上的固件或微代码的其他介质、或一个或多个模块中的可下载的软件图像、共享数据库等。软件或固件或这种配置可安装在计算设备上,以使得计算设备中的一个或多个处理器执行本发明实施例所描述的技术方案。

[0114] 尽管以上已经结合本发明的优选实施例示出了本发明,但是本领域的技术人员将会理解,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以对本发明进行各种修改、替换和改变。因此,本发明不应由上述实施例来限定,而应由所附权利要求及其等价物来限定。

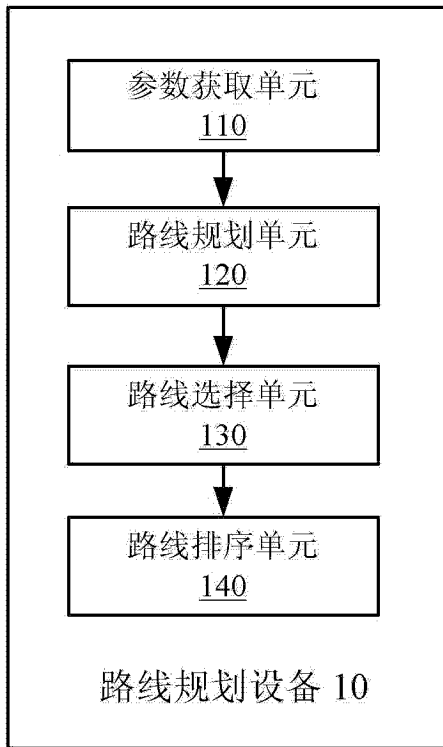


图 1

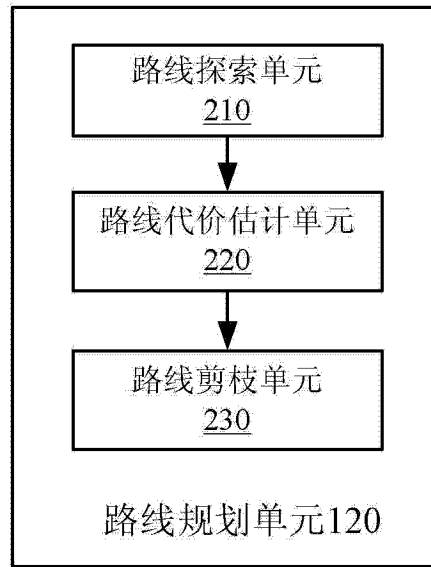


图 2

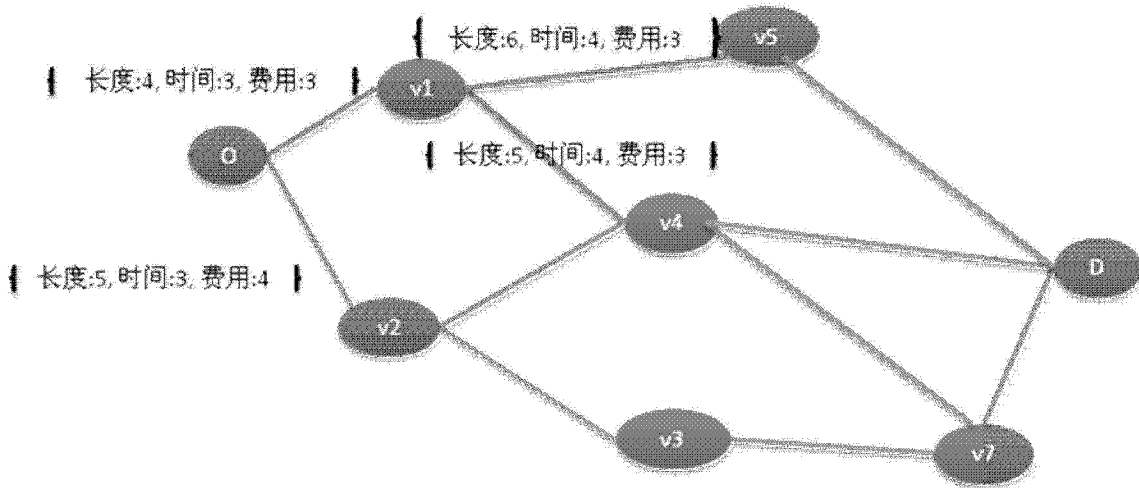


图 3(a)

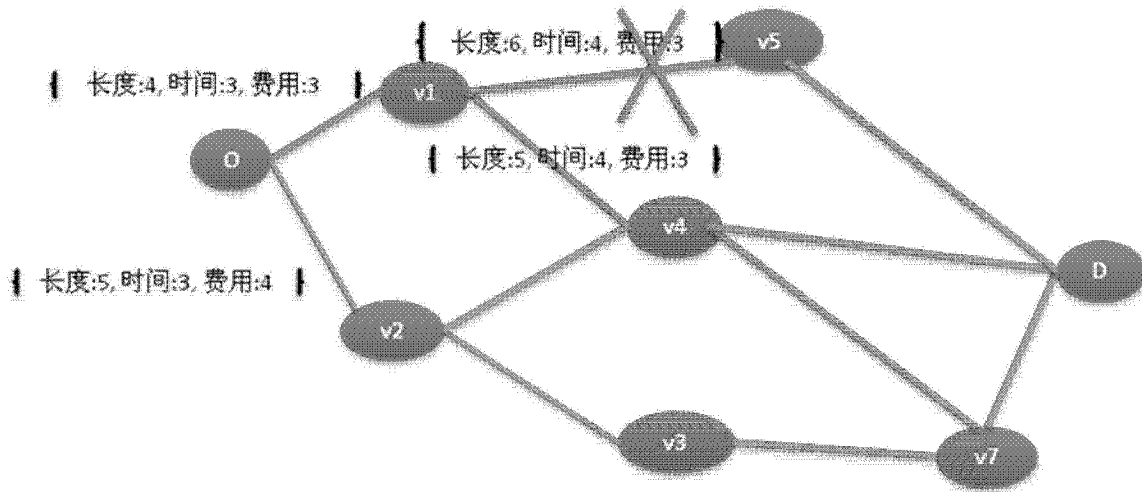


图 3(b)

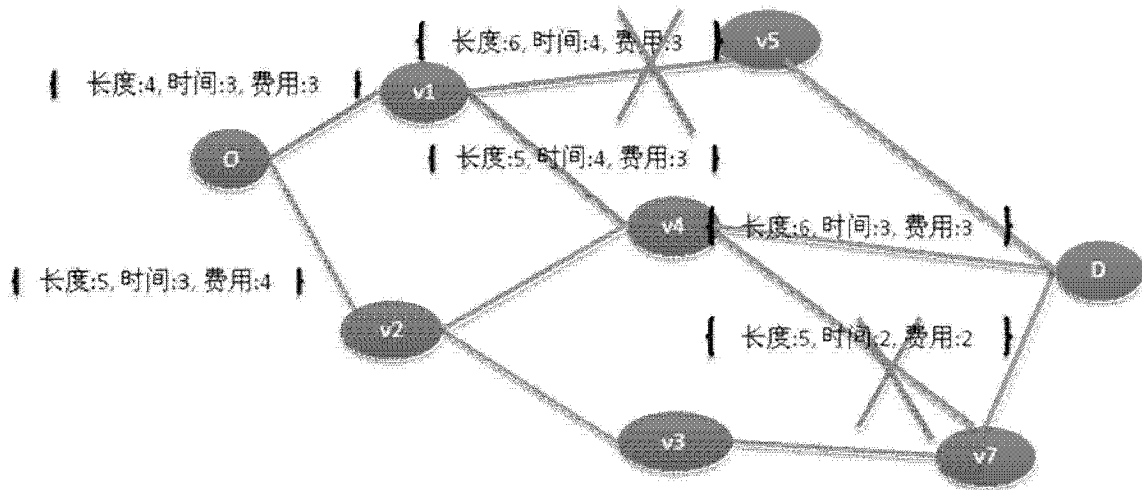


图 3(c)

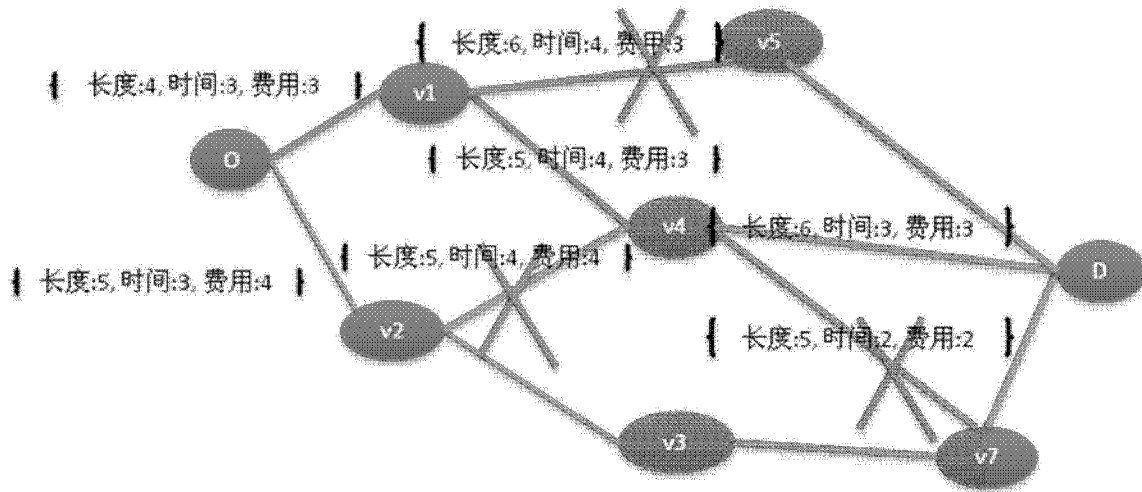


图 3(d)

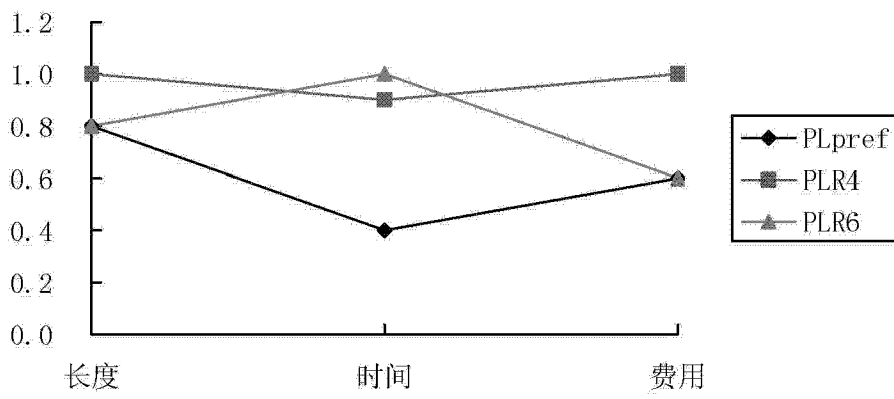


图 3(e)

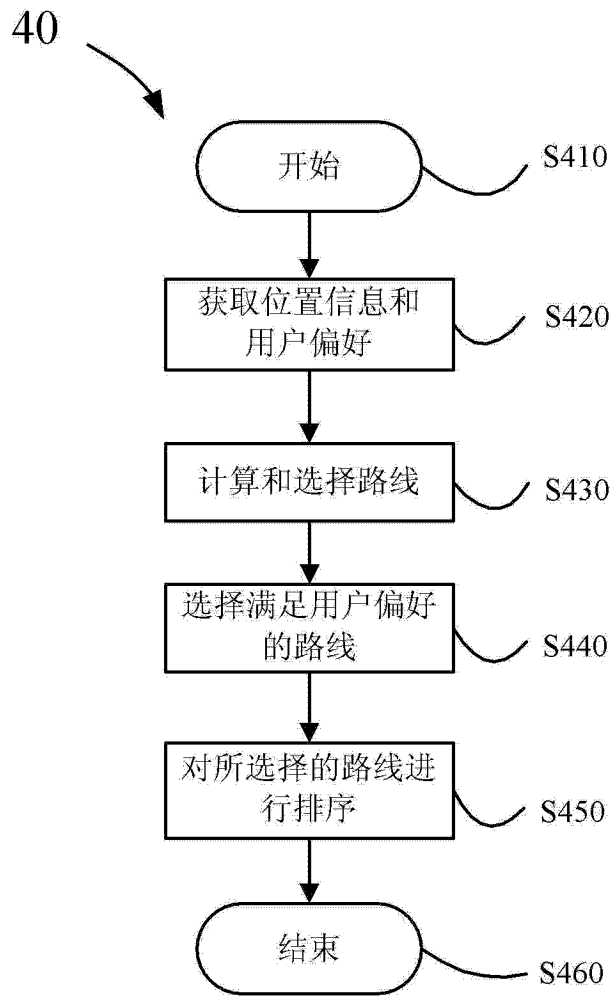


图 4