



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106570062 B

(45) 授权公告日 2021.01.05

(21) 申请号 201610878510.8

G06Q 10/04 (2012.01)

(22) 申请日 2016.10.08

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 104376112 A, 2015.02.25

申请公布号 CN 106570062 A

CN 103593361 A, 2014.02.19

CN 104408924 A, 2015.03.11

(43) 申请公布日 2017.04.19

审查员 刘明惠

(73) 专利权人 中国人民解放军理工大学

地址 210008 江苏省南京市秦淮区海福巷1号

(72) 发明人 史涯晴 黄松 李辉 任正平

郑长友 施展 韩敬利

(74) 专利代理机构 南京钟山专利代理有限公司

32252

代理人 戴朝荣

(51) Int. Cl.

G06F 16/2458 (2019.01)

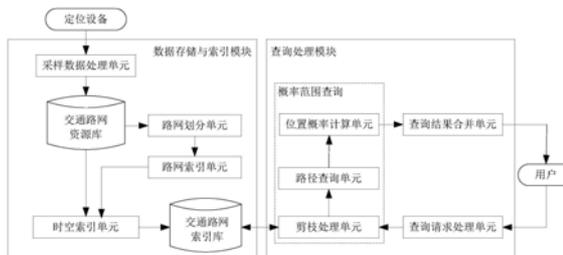
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种路网轨迹不确定移动对象范围查询系统及方法

(57) 摘要

本发明提供一种路网轨迹不确定移动对象范围查询系统及方法,所述系统与定位设备相连,所述系统包括相连的数据存储与索引模块以及查询处理模块,其中:所述数据存储与索引模块用于将所述定位设备获取的路网移动对象的位置数据存储至交通路网资源库并构建时空索引;所述查询处理模块用于接收用户的查询请求,并将所述查询请求进行剪枝处理、路径查询以及位置概率计算后,将处理的结果返回给所述用户。本发明提供的一种路网轨迹不确定移动对象范围查询系统及方法,能够具有更高查准率和查全率,同时查询效率更高。



1. 一种路网轨迹不确定移动对象范围查询方法,其特征在于,所述方法包括:

步骤S1:将定位设备采样的原始经纬度坐标数据按照系统数据格式存储于交通路网资源库;

步骤S2:利用Hadoop开源平台构建支持路网移动对象概率范围查询的时空索引结构;所述步骤S2具体包括:

步骤S21:采用并行多级k路划分技术将路网划分为考虑路段连接关系的索引基本单元;

步骤S22:以路段最大限速下的最短时间作为时间权重形成各索引基本单元的最短时间矩阵,以构建路网索引结构;

步骤S23:构建路网移动对象多维时空索引结构,并实现索引的并行创建;

步骤S3:获取用户的查询请求并分析时间、空间和概率查询条件;

步骤S4:根据时间查询条件进行时间剪枝,以缩小候选集范围;所述步骤S4具体包括:

步骤S41:判断是否被时间剪枝,若剪枝转至步骤S7,否则转至步骤S42;

步骤S42:判断输入的数据是确定数据还是不确定数据,若是确定数据则转至步骤S5,否则转至步骤S6;确定数据与不确定数据的判断依据如下:

确定数据:移动对象OID在查询时刻 t 的采样 $sample_i$ 处于查询路段RID上,即 $t_i = t$,此时位置概率值 $P_{t,RID}(OID) = 1$;

不确定数据:移动对象相邻采样 $\langle sample_i, sample_{i+1} \rangle$ 的记录时刻 t_i 与 t_{i+1} ,满足 $t_i < t < t_{i+1}$,使得 t 时刻移动对象OID经过路段RID存在一个概率值 $P_{t,RID}(OID)$,满足 $0 \leq P_{t,RID}(OID) \leq 1$;

步骤S5:根据所述时空索引结构,将空间维度结合时间维度索引,依据时间维度索引叶结点项中的OID与RowKey_TimeStamp唯一确定移动对象;

步骤S6:基于Hadoop的移动对象查询进行并行处理,所述步骤S6具体包括:

步骤S61:判断移动对象是否被空间剪枝,若剪枝转至步骤S7,否则转至步骤S62;

对所有符合 $t_i < t < t_{i+1}$ 的不确定数据 $\langle sample_i, sample_{i+1} \rangle$,设计考虑移动对象相邻样本位置 $\langle sample_i, sample_{i+1} \rangle$ 与查询路段RID空间关系的剪枝策略,将顶点间的时间约束转化为对应顶点的路网距离约束,利用路网拓扑结构关系实现查找范围的快速缩小,形成概率时空范围查询的候选集;

空间剪枝策略:如果 $\langle sample_i, sample_{i+1} \rangle$ 为所求,则 $sample_i$ 必定在圆形半径为 $(t - t_i) \cdot s_{max}$,圆心从 v_s 推至 v_e 形成的区域中,且 $sample_{i+1}$ 必定在圆形半径为 $(t_{i+1} - t) \cdot s_{max}$,圆心从 v_s 推至 v_e 形成的区域中,其中 s_{max} 为移动对象速度的最大值, v_s 与 v_e 分别表示查询路段RID的两个顶点;

步骤S62:进行路网移动对象相邻样本位置间的路径查询;所述步骤S62具体包括:

步骤S621:判断相邻样本位置是否属于时空索引结构中相同叶结点,若属于则转至步骤S622,否则转至步骤S623;

步骤S622:对属于相同叶结点的两顶点间进行路径查询;所述步骤S622具体包括:

步骤S6221:定位查询起点与终点对应的空间索引叶结点子图;

步骤S6222:以起点与终点构筑空间剪枝P-region;

步骤S6223:将P-region内起点的各个邻接顶点按最短时间升序排序,查找符合时间限

制条件的邻接顶点构成路径；

步骤S6224:判断当前邻接顶点是否为终点,若是转至步骤S6225,否则以其为起点,转至步骤S6222;

步骤S6225:计算所述路径中各个路段的概率以及各个经过顶点的时间范围;

步骤S623:对属于不同叶结点的两顶点间进行路径查询;所述步骤S623具体包括:

步骤S6231:定位查询起点与终点分别对应的空间索引叶结点子图;

步骤S6232:以起点与终点构筑空间剪枝P-region;

步骤S6233:计算起点到起点所在子图边界顶点间的路径,计算终点所在子图边界顶点到终点间的路径以及计算空间索引层次关系中每层子图的边界顶点到上一层或下一层子图边界顶点间的路径;

步骤S6234:依据时间限制条件组合步骤S6233中计算的路径;

步骤S6235:计算所述路径中各个路段的概率以及各个经过顶点的时间范围;

步骤S63:判断移动对象是否被概率剪枝,若剪枝则转至步骤S7,否则转至步骤S64;

步骤S64:计算符合查询时间、空间和概率条件的移动对象位置概率值;

利用顶点最早到达时间 $t_{ea}(v_k)$ 函数和最晚出发时间 $t_{ld}(v_k)$ 函数,给出查询时刻 t 经过给定路段RID的移动对象概率值 $P_{t,RID}(OID)$ 的求解公式:

$$P_{t,RID}(OID) = \sum_{j=1}^k (p(v_s, v_e) \cdot P_{t,RID}^j(OID)) \quad \text{式(1)}$$

$P_{t,RID}^j(OID)$ 表示 $\langle \text{sample}_i, \text{sample}_{i+1} \rangle$ 间第 j 条包含路段RID的路径中, t 时刻OID在RID上的位置概率, k 表示 $\langle \text{sample}_i, \text{sample}_{i+1} \rangle$ 间 $|PH|$ 条路径中包含路段RID的数目, $p(v_s, v_e) \cdot P_{t,RID}^j(OID)$ 表示 t 时刻OID在第 j 条满足 $t_m(ph_j) \leq t_{i+1} - t_i$ 路径上经过路段RID的概率值, $P_{t,RID}(OID)$ 等于OID在查询时刻 t 在上述 k 条路径 ph_j 中经过路段RID的概率之和,其中 $p(v_s, v_e)$ 表示 $\langle \text{sample}_i, \text{sample}_{i+1} \rangle$ 间某条符合查询时间条件的路径中查询路段RID的概率值, $P_{t,RID}^j(OID)$ 表示 t 时刻经过给定路段RID的概率值,计算公式如下:

$$p(v_s, v_e) = \frac{1}{|PH|} \quad \text{式(2)}$$

$$P_{t,RID}^j(OID) = l_{RID} / l \quad \text{式(3)}$$

其中包含RID的某条路径中作出顶点最早到达函数 $t_{ea}(v_k)$ 和最晚出发函数 $t_{ld}(v_k)$ 图形,查询时间 t 直线在 $t_{ea}(v_k)$ 与 $t_{ld}(v_k)$ 内的部分表示为1,1在查询路段RID区域内部分表示为 l_{RID} ;

步骤S7:将查询结果合并输出。

一种路网轨迹不确定移动对象范围查询系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及时空数据管理技术领域,特别涉及一种路网轨迹不确定移动对象范围查询系统及方法。

背景技术

[0002] 随着移动定位和无线通信技术的不断发展,移动对象轨迹数据的获取越来越便利。路网移动对象范围查询通过处理轨迹数据获取特定时间特定路段的目标对象,因此在地理信息系统、移动通信系统、智能交通系统及定位服务等实际应用中具有其他轨迹查询不可比拟的应用需求。考虑移动对象的位置数据具有海量性特征,同时技术与经济因素导致路网移动对象的采样频率无法忽略连续采样点间轨迹不确定性,因此对于路网移动对象的范围查询,海量数据前提下的不确定性处理就变得非常迫切和重要。

[0003] 路网移动对象因为定位设备采样频率低造成的相邻采样值间轨迹不确定性属于数据表示不确定。针对此种类型的轨迹不确定性,Zheng等人提出了一种不确定轨迹索引机制UTH(Uncertain Trajectories Hierarchy)和时空间范围查询方法。该方法考虑移动对象在路段两个顶点的最早到达时间与最晚出发时间,利用依赖时间的概率分布函数表示移动对象在路网环境下的不确定性。但此方法索引的轨迹列表同时记录确定的样本位置和全部移动对象所有可能路径中经过顶点的最早到达时间与最晚出发时间,索引创建过程需要进行频繁的磁盘读写,不能满足大规模路网海量移动对象数据处理的实时性。

[0004] Chen等人提出了一种基于划分的不确定轨迹索引PUTI(a Partition-based Uncertain Trajectory Index)支持移动对象概率范围查询。划分依据移动对象轨迹单元的网络距离,但此方法在索引创建过程需要进行频繁的不确定轨迹插入操作,导致系统负担巨大。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种路网轨迹不确定移动对象范围查询系统及方法,能够具有更高查准率和查全率,同时查询效率更高。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供一种路网轨迹不确定移动对象范围查询系统,所述系统与定位设备相连,所述系统包括相连的数据存储与索引模块以及查询处理模块,其中:所述数据存储与索引模块用于将所述定位设备获取的路网移动对象的位置数据存储至交通路网资源库并构建时空索引;所述查询处理模块用于接收用户的查询请求,并将所述查询请求进行剪枝处理、路径查询以及位置概率计算后,将处理的结果返回给所述用户。

[0007] 进一步地,所述数据存储与索引模块包括采样数据处理单元、交通路网资源库、路网划分单元、路网索引单元、时空索引单元以及交通路网索引库,其中:所述采样数据处理单元,用于将原始经纬度坐标数据按照系统数据格式存储于所述交通路网资源库;所述路网划分单元,用于采用并行多级k路划分技术形成考虑路段连接关系的索引基本单元;所述路网索引单元,用于构建考虑路段间关联关系和时间权重的路网索引结构,以满足移动对

象相邻样本位置间的路径查询;所述时空索引单元,用于构建基于Hadoop的路网移动对象多维时空索引结构,以满足概率范围查询。

[0008] 进一步地,所述查询处理模块包括查询请求处理单元、剪枝处理单元、路径查询单元、位置概率计算单元和查询结果合并单元,其中:所述查询请求处理单元,用于获取用户的查询请求;所述剪枝处理单元,用于缩小查询顶点候选集的规模,以提高所述查询请求的搜索速度;所述路径查询单元,用于查询路网中同一移动对象相邻样本位置间的路径,并获取组成路径的路段顶点集合、路段概率和移动对象经过路口顶点的时间范围;所述位置概率计算单元,用于计算查询候选集中移动对象符合时空间查询条件的位置概率;所述查询结果合并单元,用于将各个子查询结果合并成完整的结果返回给所述用户。

[0009] 为实现上述目的,本发明还提供一种路网轨迹不确定移动对象范围查询方法,所述方法包括:步骤S1:将定位设备采样的原始经纬度坐标数据按照系统数据格式存储于交通路网资源库;步骤S2:利用Hadoop开源平台构建支持路网移动对象概率范围查询的时空索引结构;步骤S3:获取用户的查询请求并分析时间、空间和概率查询条件;步骤S4:根据时间查询条件进行时间剪枝,以缩小候选集范围;步骤S5:根据所述时空索引结构,将空间维度结合时间维度索引,依据时间维度索引叶结点项中的OID与RowKey_TimeStamp唯一确定移动对象;步骤S6:基于Hadoop的移动对象查询进行并行处理;步骤S7:将查询结果合并输出。

[0010] 进一步地,所述步骤S2具体包括:步骤S21:采用并行多级k路划分技术将路网划分为考虑路段连接关系的索引基本单元;步骤S22:以路段最大限速下的最短时间作为时间权重形成各索引基本单元的最短时间矩阵,以构建路网索引结构;步骤S23:构建路网移动对象多维时空索引结构,并实现索引的并行创建。

[0011] 进一步地,所述步骤S4具体包括:步骤S41:判断是否被时间剪枝,若剪枝转至步骤S7,否则转至步骤S42;步骤S42:判断输入的数据是确定数据还是不确定数据,若是确定数据则转至步骤S5,否则转至步骤S6。

[0012] 进一步地,所述步骤S6具体包括:步骤S61:判断移动对象是否被空间剪枝,若剪枝转至步骤S7,否则转至步骤S62;步骤S62:进行路网移动对象相邻样本位置间的路径查询;步骤S63:判断移动对象是否被概率剪枝,若剪枝则转至步骤S7,否则转至步骤S64;步骤S64:计算符合查询时间、空间和概率条件的移动对象位置概率值。

[0013] 进一步地,所述步骤S62具体包括:步骤S621:判断相邻样本位置是否属于时空索引结构中相同叶结点,若属于则转至步骤S622,否则转至步骤S623;步骤S622:对属于相同叶结点的两顶点间进行路径查询;步骤S623:对属于不同叶结点的两顶点间进行路径查询。

[0014] 进一步地,所述步骤S622具体包括:步骤S6221:定位查询起点与终点对应的空间索引叶结点子图;步骤S6222:以起点与终点构筑空间剪枝P-region;步骤S6223:将P-region内起点的各个邻接顶点按最短时间升序排序,查找符合时间限制条件的邻接顶点构成路径;步骤S6224:判断当前邻接顶点是否为终点,若是转至步骤S6225,否则以其为起点,转至步骤S6222。步骤S6225:计算所述路径中各个路段的概率以及各个经过顶点的时间范围。

[0015] 进一步地,所述步骤S623具体包括:步骤S6231:定位查询起点与终点分别对应的空间索引叶结点子图;步骤S6232:以起点与终点构筑空间剪枝P-region;步骤S6233:计算

起点到起点所在子图边界顶点间的路径,计算终点所在子图边界顶点到终点间的路径以及计算空间索引层次关系中每层子图的边界顶点到上一层或下一层子图边界顶点间的路径;步骤S6234:依据时间限制条件组合步骤S6233中计算的路径;步骤S6235:计算所述路径中各个路段的概率以及各个经过顶点的时间范围。

[0016] 由上可见,本发明处理定位设备采样的海量原始数据,构建能够对路网路段关系和时间权重进行有效表示的时空索引,实现基于路径组合的路网移动对象路径查询解决轨迹不确定性涉及的路段不确定性问题,构建基于时间依赖关系的位置概率计算方法解决轨迹不确定性涉及的时间不确定性问题。本发明实现对采样频率导致的轨迹不确定路网移动对象的查全与查准,同时通过时间、空间和概率三种基于几何学方法的剪枝策略对概率范围查询候选集进行快速缩减,从而能够提高查询的效率。

附图说明

[0017] 图1为本发明实施例的路网轨迹不确定移动对象范围查询系统功能模块图;

[0018] 图2为本发明实施例的不确定数据查询处理流程图;

[0019] 图3为本发明实施例的路径查询处理流程图。

具体实施方式

[0020] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请中的技术方案,下面将结合本申请实施方式中的附图,对本申请实施方式中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施方式仅仅是本申请一部分实施方式,而不是全部的实施方式。基于本申请中的实施方式,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方式,都应当属于本申请保护的范围。

[0021] 如图1所示,路网轨迹不确定移动对象范围查询系统可以包括数据存储与索引模块和查询处理模块。其中:所述数据存储与索引模块可以用于将所述定位设备获取的路网移动对象的位置数据存储至交通路网资源库并构建时空索引。所述查询处理模块可以用于接收用户的查询请求,并将所述查询请求进行剪枝处理、路径查询以及位置概率计算后,将处理的结果返回给所述用户。

[0022] 在本实施方式中,所述数据存储与索引模块可以包括采样数据处理单元、路网划分单元、路网索引单元、时空索引单元、交通路网资源库和交通路网索引库。路网时空间查询根据查询类型设计索引结构,路网轨迹不确定移动对象范围查询重点解决实际交通路网中由于GPS和路边雷达等定位设备采样频率低导致的轨迹不确定性,涉及路段间的连接关系,且路网规模越大,路口越多则连接关系越复杂。本实施方式中空间维度索引首先将路网进行划分,然后对划分后的路网子图单位进行索引,每个子图单位附有路段间关联关系和时间权重信息,用于不确定轨迹即路径查询。本实施方式中时间维度索引确定样本位置数据的采样时刻。

[0023] 在本实施方式中,所述查询处理模块包括查询请求处理单元、剪枝处理单元、路径查询单元、位置概率计算单元和查询结果合并单元。查询处理模块主要利用效率高、可靠性强且免费开源的Hadoop作为路网移动对象大规模存储和分布式计算框架的解决方案,充分考虑定位设备采样频率对移动对象轨迹不确定性的影响。本实施方式设计了移动对象两个

相邻样本位置间基于路径组合的路径查询算法,构造了基于几何学方法的查询优化策略,包含剪枝和位置概率计算方法,提高了路网移动对象范围查询的查全率和查准率。

[0024] 具体地,所述采样数据处理单元,用于将原始经纬度坐标数据按照系统数据格式存储于所述交通路网资源库。所述路网划分单元,用于采用并行多级k路划分技术形成考虑路段连接关系的索引基本单元。所述路网索引单元,用于构建考虑路段间关联关系和时间权重的路网索引结构,以满足移动对象相邻样本位置间的路径查询。所述时空索引单元,用于构建基于Hadoop的路网移动对象多维时空索引结构,以满足概率范围查询。

[0025] 所述查询请求处理单元,用于获取用户的查询请求。所述剪枝处理单元,用于缩小查询顶点候选集的规模,以提高所述查询请求的搜索速度。所述路径查询单元,用于查询路网中同一移动对象相邻样本位置间的路径,并获取组成路径的路段顶点集合、路段概率和移动对象经过路口顶点的时间范围。所述位置概率计算单元,用于计算查询候选集中移动对象符合时空间查询条件的位置概率。所述查询结果合并单元,用于将各个子查询结果合并成完整的结果返回给所述用户。

[0026] 请结合图2和图3。本申请还提供一种路网轨迹不确定移动对象范围查询方法,所述方法包含如下步骤:

[0027] 步骤S1:将定位设备采样的原始经纬度坐标数据按照系统数据格式存储于交通路网资源库。

[0028] 步骤S2:利用Hadoop开源平台构建支持路网移动对象概率范围查询的时空索引结构。步骤S2具体可以包括以下子步骤:

[0029] 步骤S21:采用并行多级k路划分技术将路网划分为考虑路段连接关系的索引基本单元;

[0030] 步骤S22:以路段最大限速下的最短时间作为时间权重形成各索引基本单元的最短时间矩阵,以构建路网索引结构;

[0031] 路网索引结构作为多维时空索引结构的空间索引部分用以解决路径查询,本发明考虑查询用时间约束进行路段选择,因此索引结点邻接矩阵值采用路段限速行驶下的最短时间,叶结点矩阵中用最短时间值记录子图包含的所有内边路段,行、列为对应子图的所有顶点;中间结点矩阵中用最短时间值记录子图涉及的所有外边路段,行、列为其孩子结点的所有边界顶点。

[0032] 步骤S23:构建路网移动对象多维时空索引结构,并实现索引的并行创建。

[0033] 本发明中多维时空索引结构将路网索引结构作为空间维度,将针对一维时间的B⁺-tree结构作为时间维度,查询进行中逐步记录下结点边界顶点间路径以Region表形式保存,达到间接索引部分不确定数据,提高查询效率目的。

[0034] 步骤S3:获取用户的查询请求并分析时间、空间和概率查询条件。

[0035] 步骤S4:根据时间查询条件进行时间剪枝,以缩小候选集范围。所述步骤S4可以包括以下几个子步骤:

[0036] 步骤S41:判断是否被时间剪枝,若剪枝转至步骤S7,否则转至步骤S42;

[0037] 步骤S42:判断输入的数据是确定数据还是不确定数据,若是确定数据则转至步骤S5,否则转至步骤S6。

[0038] 确定数据与不确定数据的判断依据如下:

[0039] 确定数据:移动对象OID在查询时刻 t 的采样 $sample_i$ 处于查询路段RID上,即 $t_i=t$,此时位置概率值 $P_{t,RID}(OID)=1$ 。

[0040] 不确定数据:移动对象相邻采样 $\langle sample_i, sample_{i+1} \rangle$ 的记录时刻 t_i 与 t_{i+1} ,满足 $t_i < t < t_{i+1}$,使得 t 时刻移动对象OID经过路段RID存在一个概率值 $P_{t,RID}(OID)$,满足 $0 \leq P_{t,RID}(OID) \leq 1$ 。

[0041] 步骤S5:根据所述时空索引结构,将空间维度结合时间维度索引,依据时间维度索引叶结点项中的OID与RowKey_TimeStamp唯一确定移动对象。

[0042] 步骤S6:基于Hadoop的移动对象查询进行并行处理。步骤S6可以包括以下几个子步骤:

[0043] 步骤S61:判断移动对象是否被空间剪枝,若剪枝转至步骤S7,否则转至步骤S62;

[0044] 本实施方式对所有符合 $t_i < t < t_{i+1}$ 的不确定数据 $\langle sample_i, sample_{i+1} \rangle$,设计考虑移动对象相邻样本位置 $\langle sample_i, sample_{i+1} \rangle$ 与查询路段RID空间关系的剪枝策略,将顶点间的时间约束转化为对应顶点的路网距离约束,利用路网拓扑结构关系实现查找范围的快速缩小,形成概率时空范围查询的候选集。

[0045] 空间剪枝策略:如果 $\langle sample_i, sample_{i+1} \rangle$ 为所求,则 $sample_i$ 必定在圆形半径为 $(t-t_i) \cdot S_{max}$,圆心从 v_s 推至 v_e 形成的区域中,且 $sample_{i+1}$ 必定在圆形半径为 $(t_{i+1}-t) \cdot S_{max}$,圆心从 v_s 推至 v_e 形成的区域中,其中 S_{max} 为移动对象速度的最大值,统一取实际城市道路的最大限速70km/h, v_s 与 v_e 分别表示查询路段RID的两个顶点。

[0046] 步骤S62:进行路网移动对象相邻样本位置间的路径查询。步骤S62具体包含如下步骤:

[0047] 步骤S621:判断相邻样本位置是否属于时空索引结构中相同叶结点,若属于则转至步骤S622,否则转至步骤S623;

[0048] 步骤S622:对属于相同叶结点的两顶点间进行路径查询;步骤S622具体包含如下步骤:

[0049] 步骤S6221:定位查询起点与终点对应的空间索引叶结点子图;

[0050] 步骤S6222:以起点与终点构筑空间剪枝P-region;

[0051] 步骤S6223:将P-region内起点的各个邻接顶点按最短时间升序排序,查找符合时间限制条件的邻接顶点构成路径;

[0052] 步骤S6224:判断当前邻接顶点是否为终点,若是转至步骤S6225,否则以其为起点,转至步骤S6222。

[0053] 步骤S6225:计算所述路径中各个路段的概率以及各个经过顶点的时间范围。

[0054] 步骤S623:对属于不同叶结点的两顶点间进行路径查询。步骤S623具体包含如下步骤:

[0055] 步骤S6231:定位查询起点与终点分别对应的空间索引叶结点子图;

[0056] 步骤S6232:以起点与终点构筑空间剪枝P-region;

[0057] 步骤S6233:计算起点到起点所在子图边界顶点间的路径,计算终点所在子图边界顶点到终点间的路径以及计算空间索引层次关系中每层子图的边界顶点到上一层或下一层子图边界顶点间的路径;

[0058] 步骤S6234:依据时间限制条件组合步骤S6233中计算的路径;

[0059] 步骤S6235:计算所述路径中各个路段的概率以及各个经过顶点的时间范围。

[0060] 步骤S63:判断移动对象是否被概率剪枝,若剪枝则转至步骤S7,否则转至步骤S64;

[0061] 步骤S64:计算符合查询时间、空间和概率条件的移动对象位置概率值。

[0062] 本发明利用顶点最早到达时间 $t_{ea}(v_k)$ 函数和最晚出发时间 $t_{ld}(v_k)$ 函数,给出查询时刻 t 经过给定路段RID的移动对象概率值 $P_{t,RID}(OID)$ 的求解公式:

$$[0063] \quad P_{t,RID}(OID) = \sum_{j=1}^k (p(v_s, v_e) \cdot P_{t,RID}^j(OID)) \quad \text{式(1)}$$

[0064] $P_{t,RID}^j(OID)$ 表示 $\langle \text{sample}_i, \text{sample}_{i+1} \rangle$ 间第 j 条包含路段RID的路径中, t 时刻OID在RID上的位置概率。 k 表示 $\langle \text{sample}_i, \text{sample}_{i+1} \rangle$ 间 $|PH|$ 条路径中包含路段RID的数目。 $p(v_s, v_e) \cdot P_{t,RID}^j(OID)$ 表示 t 时刻OID在第 j 条满足 $t_m(ph_j) \leq t_{i+1} - t_i$ 路径上经过路段RID的概率值。 $P_{t,RID}(OID)$ 等于OID在查询时刻 t 在上述 k 条路径 ph_j 中经过路段RID的概率之和。其中 $p(v_s, v_e)$ 表示 $\langle \text{sample}_i, \text{sample}_{i+1} \rangle$ 间某条符合查询时间条件的路径中查询路段RID的概率值, $P_{t,RID}^j(OID)$ 表示 t 时刻经过给定路段RID的概率值,计算公式如下:

$$[0065] \quad p(v_s, v_e) = \frac{1}{|PH|} \quad \text{式(2)}$$

$$[0066] \quad P_{t,RID}^j(OID) = l_{RID} / l \quad \text{式(3)}$$

[0067] 其中包含RID的某条路径中作出顶点最早到达函数 $t_{ea}(v_k)$ 和最晚出发函数 $t_{ld}(v_k)$ 图形,查询时间 t 直线在 $t_{ea}(v_k)$ 与 $t_{ld}(v_k)$ 内的部分表示为1,1在查询路段RID区域内部分表示为 l_{RID} 。

[0068] 步骤S7:将查询结果合并输出。

[0069] 由上可见,本发明处理定位设备采样的海量原始数据,构建能够对路网路段关系和时间权重进行有效表示的时空索引,实现基于路径组合的路网移动对象路径查询解决轨迹不确定性涉及的路段不确定性问题,构建基于时间依赖关系的位置概率计算方法解决轨迹不确定性涉及的时间不确定性问题。本发明实现对采样频率导致的轨迹不确定路网移动对象的查全与查准,同时通过时间、空间和概率三种基于几何学方法的剪枝策略对概率范围查询候选集进行快速缩减,从而能够提高查询的效率。

[0070] 上面对本申请的各种实施方式的描述以描述的目的提供给本领域技术人员。其不旨在是穷举的、或者不旨在将本发明限制于单个公开的实施方式。如上所述,本申请的各种替代和变化对于上述技术所属领域技术人员而言将是显而易见的。因此,虽然已经具体讨论了一些另选的实施方式,但是其它实施方式将是显而易见的,或者本领域技术人员相对容易得出。本申请旨在包括在此已经讨论过的本发明的所有替代、修改、和变化,以及落在上述申请的精神和范围内的其它实施方式。

[0071] 本说明书中的各个实施方式均采用递进的方式描述,各个实施方式之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施方式重点说明的都是与其他实施方式的不同之处。

[0072] 虽然通过实施方式描绘了本申请,本领域普通技术人员知道,本申请有许多变形

和变化而不脱离本申请的精神,希望所附的权利要求包括这些变形和变化而不脱离本申请的精神。

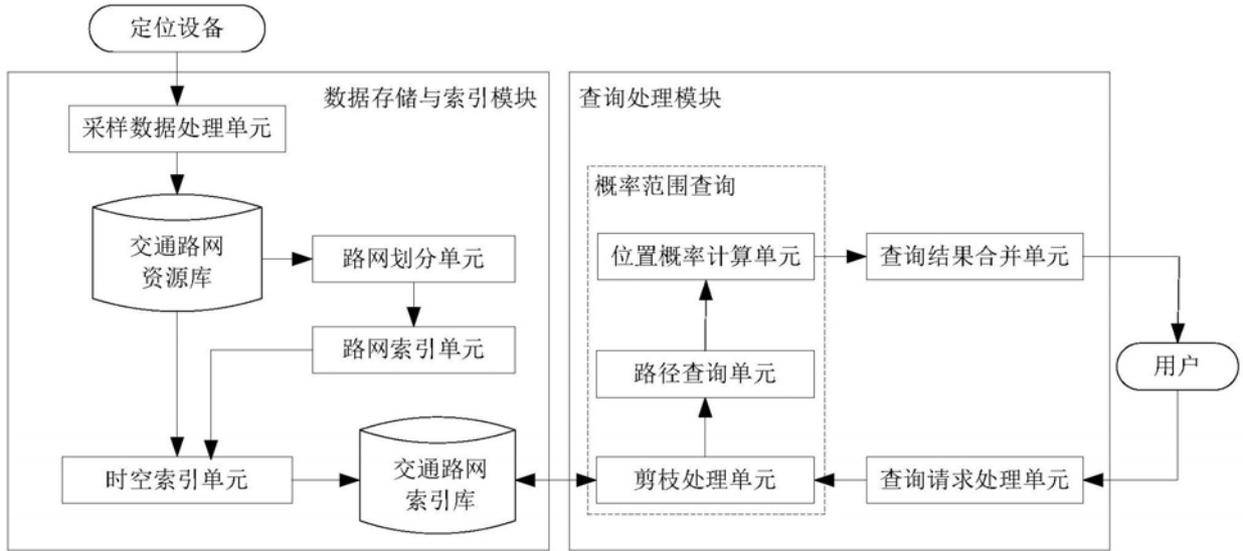


图1

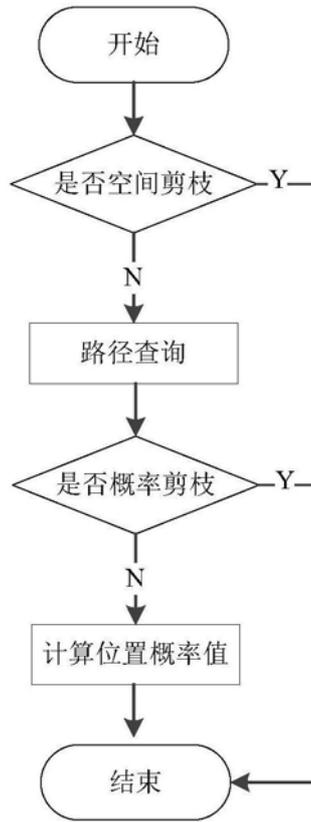


图2

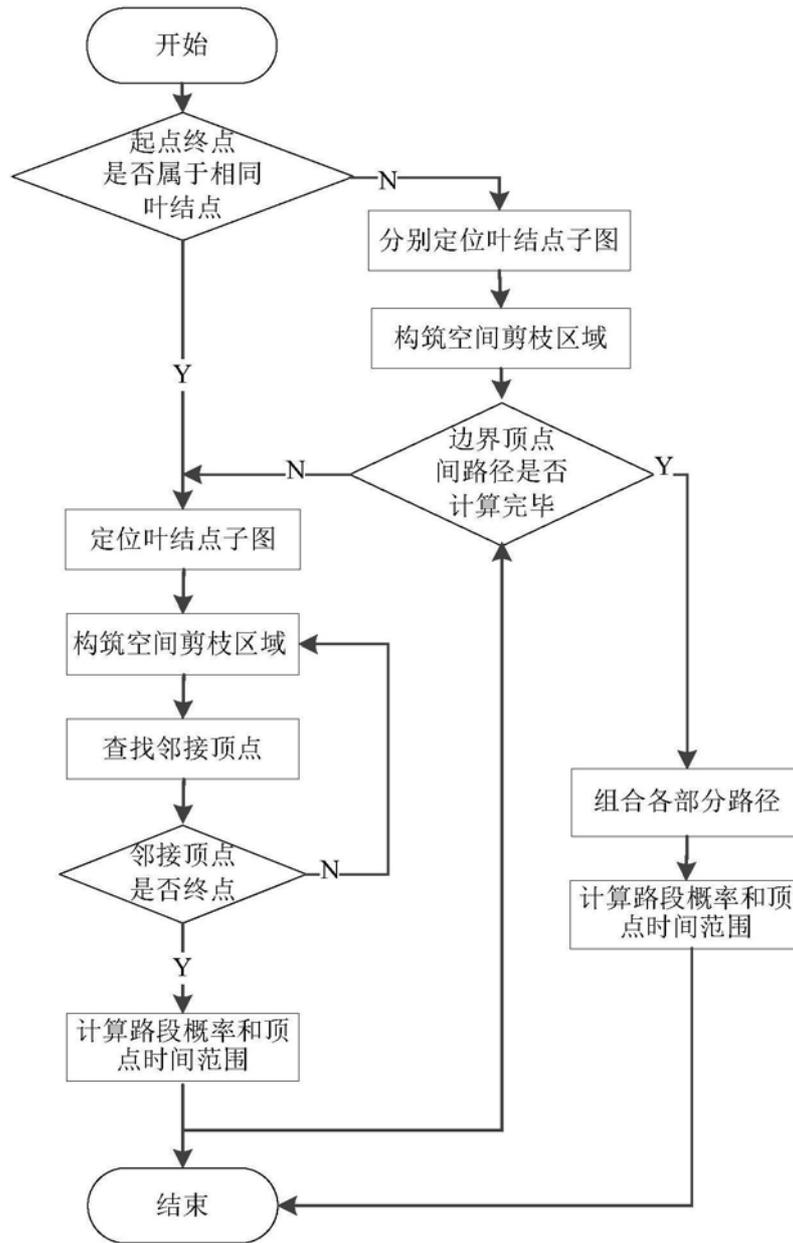


图3