

基于公路网的移动对象数据库数据模型

卢炎生, 陈刚, 潘鹏

(华中科技大学计算机学院, 武汉 430074)

摘要: 移动对象数据库对大量移动对象的位置信息进行管理, 能够支持传统数据库不能进行的时空查询, 考虑到大多数移动对象的运动都固定在已知的路线中, 基于公路网的移动对象数据模型、通过对公路网拓扑图的数字化转换, 能够对移动对象进行有效的管理, 该文采用实时平均法来反映每条线路的动态运行情况, 对移动对象未来位置进行了精确预测。

关键词: 移动对象数据库; 公路网; 移动对象的管理; 数据模型

Road Network-based Moving Objects Database Data Model

LU Yansheng, CHEN Gang, PAN Peng

(College of Computer, Huazhong University of Sciences & Technology, Wuhan 430074)

【Abstract】 Moving objects database is aimed to manage large numbers of moving objects, supporting the temporal and spatial queries which traditional database can not. This data model of moving objects database based on road network can manage the moving objects effectively, through converting the road network into digital information. The model can reflect the dynamic status of each segment, so it predicts the future positions of moving objects precisely.

【Key words】 Moving objects database(MOD); Road network; Management of moving objects; Data model

随着GPS(Global Position System)技术和传感器技术的快速发展, 可对运动物体的位置进行实时跟踪, 对数据库技术提出了新的挑战, 移动对象数据库(Moving Objects Database, MOD)应运而生, 移动对象数据库是指对移动对象(如车辆、飞机、移动用户等)及其位置进行管理的数据库^[1], 支持传统数据库不能提供的时态、空间查询, 如在数据库中查询移动物体的运动轨迹和历史位置、当前以及未来时间的位置及状态等。

最著名的模型是Wolfson等人提出的DOMINO (Database for Moving Objects)模型^[2], 它以移动对象的实时矢量速度和位置为参数, 根据线性方程对移动对象未来时间的位置进行预测。

Moonbae Song等人提出的SMM(State-based Mobility Model)模型^[3], 把移动对象的运动看作是线性运动、随机运动和静止3种状态的变换, 不同的状态采取不同的位置更新算法。此外, 还有Ying CHEN等人提出的CAMEL(Continuous Active Monitor Engine for Location-based Services)模型^[4]等, 从不同方面对于移动对象数据库中的移动对象管理进行了深入研究。在实际的应用中, 移动对象的运动路线往往是限制在已知的拓扑路径当中, 例如城市的公路、铁路/航海/航空运输中的铁路线及航线等。针对此类移动对象, 本文提出了一种基于公路网的移动对象数据模型, 可以应用于车辆导航系统、公路/铁路/航空控制系统、物流系统、出租车/警车智能派出系统等需要对大规模移动对象进行控制和管理的系统当中。

1 基于公路网的移动对象数据库数据模型

1.1 公路网拓扑的数据表示

在公路的相交处都有红绿灯用来控制车辆的通行, 车辆在每个交叉口处都可能改变行驶路线, 在公路网中, 每2个

交叉口之间的路段是车辆的最小行驶公路计量单位。据此, 可以对公路网络拓扑图进行分割, 按照各线路的交叉情况把一条线路分化为若干段, 用 $R(LS, LE, Length, DT)$ 来表示组成一条线路的各小段, 用 $M(Tid, Name, Set(R_1, R_2, \dots, R_n))$ 表示一条线路, 定义如表1所示。

表1 城市公路网络拓扑图的定义

定义	含义
Tid	交通编号
Name	线路名称
LS, LE	组成线路的各段起点和终点的地理坐标
Length	各段的长度
DT	行驶通过所需时间

一个简单的公路网拓扑图如图1所示, 可以用表2来进行描述, 与传统的有向连通图不同, 公路网拓扑图中2条线段的交点有时不需作为端点存入数据库, 例如, 如果路段AD和EF在交叉点C处为立交桥结构, 车辆可以自由穿行, 那么C点就没有必要存入数据库中。

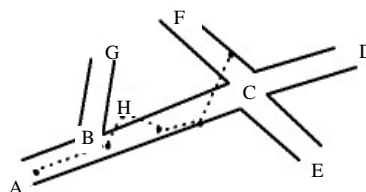


图1 简单的公路网拓扑图和移动对象运动轨迹

对于直线的交通路段来说, 都可以用起点LS和终点LE

基金项目: 湖北省自然科学基金资助项目 (ABA048)

作者简介: 卢炎生(1950 -), 男, 教授、博导, 主研方向: 特种数据库, 软件测试; 陈刚, 硕士生; 潘鹏, 博士生

收稿日期: 2006-03-08 E-mail: chenganghust@126.com

为参数的一维线性方程来表示,如图 1 中路段 AB 的起点 A(LAx,LAy)、终点 B(LBx,LYy)组成的直线方程为

$$(LBx-LAx)y-(LYy-LAy)x+LAx \cdot LYy-LBx \cdot LAy=0 \quad (1)$$

表 2 组成公路线的公路段定义

Tid	Name	Set(LS, LE, Length, DT)
0	珞瑜路	(A,B,10,3)(B,C,15,6)(C,D,10,3)
1	鲁磨路	(C,E,15,4)
2	关山一路	(B,G,15,6)
3	民院路	(C,F,20,7)

1.2 移动对象位置更新算法

由于车辆制动的特点,加上路况的好坏、车辆的拥塞情况等,因此速度是不断变化中的,但是对于每段交通道路,一段时间内相同种车辆通过的时间是基本相同的。为了能够反映每段交通线路的实时交通状况,采用实时平均法,动态地得到在每段交通线路R上平均车辆通过时间R.DT,当车流量较大、道路拥塞时,R.DT能够迅速收敛至平均车辆通过时间^[5]。

同时,需要考虑到 GPS 系统返回的位置数据流存在一定的位置误差,如图 1 所示,GPS 实际返回的对象运动轨迹不一定是和交通路线重合的直线。在图 1 中点 H 距离所属交通路段的距离误差 Err 为点 H 到线段 AB 的距离,根据点线坐标距离公式为

$$Err = \frac{|(LBx-LAx) \cdot LHy + (LYy-LAy) \cdot LHx + LAx \cdot LYy - LBx \cdot LAy|}{\sqrt{(LBx-LAx)^2 + (LYy-LAy)^2}} \quad (2)$$

当Err达到一定的阈值 δ 时,为保证判断的准确性和数据的有效性,就需要丢弃该时刻的位置信息。同时在系统内存保存每个移动对象的实时位置信息,当移动对象改变行驶路线时,根据GPS机种差分技术^[6],按照移动对象运动的位置和方向信息将移动对象匹配到正确的道路R上,更新记录移动对象的位置。

表 3 移动对象的定义

定义	含义
Direct	移动对象行驶方向
L(t)	移动对象在 t 时刻的地理位置
Set(L(t))	移动对象返回的位置序列集合
R (LS,LE,Length,DT)	移动对象所属路段信息
GetErr(L(t),R)	移动对象在 t 时刻距离路线 R 的距离误差
GetDistance(A,B)	A、B 之间的距离

该模型的主要算法描述如下:

输入 (Set(L(t₁),L(t₂),...,L(t_n)),R(LS,LE,Length,DT))

//移动对象的位置序列和移动对象所属的路线

输出 0——进入数据库; 1——抛弃该数据

局部静态变量

Time——移动对象进入新的交通路段时间

Procedure

- (1) If L(t) is the first location of the moving object
- (2) Time = t; return 0;
- (3) If GetErr(L(t),R) > δ
- (4) Return 1 ;
- (5) If Direct = TRUE
- (6) Distance = GetDistance (LE,L(t)) ;
- (7) Else Distance = GetDistance (LS,L(t)) ;
- (8) If the moving object turns //If the routine changed
- (9) If R.DT = t - Time Return 0 ;
- (10) Else
- (11) R.DT=(R.DT + t - Time)/2 ;

- (12) Time = t;
- (13) Return 0 ;
- (14) Return 1 ;
- (15) End

1.3 移动对象未来位置的查询

移动对象位置查询包括历史位置查询和未来位置查询两种,其中未来位置查询是窗口查询和 KNN 查询、路径查询等的基础,未来位置查询在知道移动对象的目标交通路线和每段交通路段的交通状况的情况下,查询出的结果更加贴近实际,反映出了交通路段的动态变化性。

设移动对象所经过交通路段为R₁,R₂,...,R_n,其中R₁、R_n表示为当前和最终位置所属路段,当移动对象的未来位置和移动对象仍在同一交通路段上同一方向时,显然R₁=R₂,...,=R_n,移动对象在未来t_n时刻的位置L(t_n)为当前位置L(t₁)加上平均速度矢量与时间标量的乘积,即

$$L(t_n) = L(t_1) + (t_n - t_1) \cdot \frac{R_1 \cdot LE - R_1 \cdot LS}{R_1 \cdot DT} \quad (3)$$

如果移动对象的历史或者未来位置与当前位置不在同一交通路段上时,与式(3)类似,可以得到移动对象的在未来t_n时刻的位置L(t_n)为

$$L(t_n) = R_n \cdot LS + (t_n - T) \cdot \frac{GetDis \tan ce(R_n \cdot LE, R_n \cdot LS)}{R_n \cdot DT} \quad (4)$$

其中时间标量为在T_n路段上所行驶的时间(t_n - T),T为在其他路段上所行驶的时间,即

$$T = t_1 + \frac{GetDis \tan ce(L(t_1), R_1 \cdot LS)}{GetDis \tan ce(R_1 \cdot LE, T_1 \cdot LS)} \cdot R_1 \cdot DT + \sum_{i=2}^{n-1} R_i \cdot DT \quad (5)$$

通过式(3)~式(5)得到移动对象在未来时刻的位置,移动对象的历史位置查询与此类似,此处不再赘述。

2 性能分析

该模型可以通过仿真数据进行测试,定义 N 为车辆的数量,T 为所需查询时间,L 为公路线数,每辆车在道路交叉口随机选择道路,在路口有循环闪烁的红绿灯控制车辆的行驶。其中车辆偏移误差的阈值 $\delta = 5m$,在 Pentium 4 1.8GHz/512MB 的机器上进行性能测试,公路网采用 R 树进行索引,以 Postgres 数据库管理移动对象信息得出的结果如表 4 和图 2 所示,测试结果显示该模型能够对移动对象的位置信息进行有效的管理。

表 4 数据库更新频率

移动对象个数	交叉口数	位置更新频率(次/s)	T.DT 更新频率(次/s)
50	10	0.537	0.113
100	100	3.218	2.817
1 000	500	21.561	10.409
5 000	500	67.910	46.133
10 000	500	146.379	62.721
...

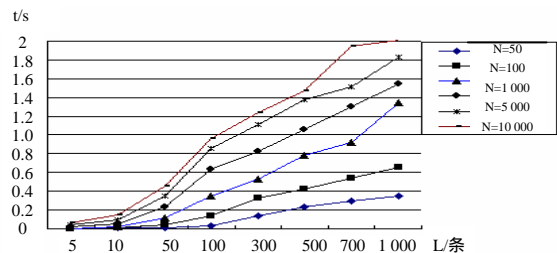


图 2 移动对象位置查询所需时间

(下转第 40 页)