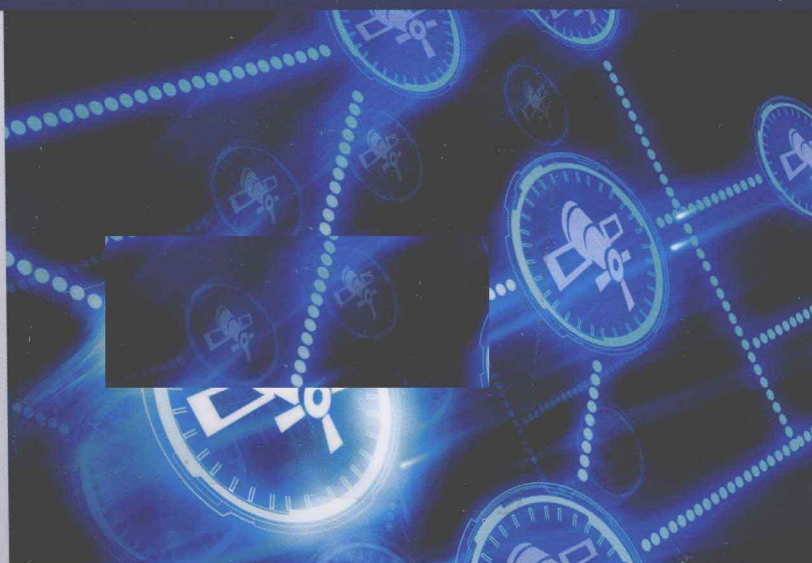


数据库应用理论系列图书

移动对象数据库 理论基础

郝忠孝 著



科学出版社

数据库应用理论系列图书

移动对象数据库理论基础

郝忠孝 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统论述和分析了移动对象数据库若干新的索引、查询等新的技术和理论。

本书共分 10 章。主要内容包括: FT-四叉树及高维空间查询、移动点 Voronoi 图拓扑动态维护策略; 移动对象历史转迹查询、组合的移动对象轨迹查询、TBA-树的移动对象轨迹查询; 移动对象的反向和变体查询; 基于 TP^{RDNN} 树索引结构的限界区域查询动态反向最近邻、移动对象历史轨迹的连续最近邻查询、移动对象的连续 k 最优有序路径查询; 基于 L2R-树索引结构的移动对象未来轨迹索引与查询、基于模拟预测的移动对象索引; 启发式计算道路网络中最近邻查询、道路网络中移动对象的连续最近邻查询; FNR-树下网络移动对象轨迹查询; 基于概率模型的轨迹不确定性查询等。

本书可作为计算机科学与技术学科、地理信息系统、卫星遥感、气象分析、地质灾害分析等相关专业的高年级本科生教材或硕士生选修课教材, 也可供从事上述领域研究的博士生、科研人员及工程技术人员等参考。

图书在版编目(CIP)数据

移动对象数据库理论基础/郝忠孝著. —北京: 科学出版社, 2012
(数据库应用理论系列图书)

ISBN 978-7-03-033376-6

I. ①移… II. ①郝… III. ①数据库系统 IV. ①TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 007914 号

责任编辑: 耿建业 / 责任校对: 李 影

责任印制: 赵 博 / 封面设计: 耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 2 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2012 年 2 月第一次印刷 印张: 15 3/4

字数: 301 000

定价: 60.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

作者简介



郝忠孝,教授,山东蓬莱人,1940年12月生,曾任原东北重型机械学院副校长,齐齐哈尔大学副校长,哈尔滨理工大学学术委员会主席。现任哈尔滨工业大学博士生导师(兼)、哈尔滨理工大学博士生导师。原机械电子工业部有突出贡献专家,享受国务院政府特殊津贴,全国优秀教师,黑龙江省共享人才专家,黑龙江省级学科带头人,黑

龙江省计算机学会副理事长。

主要研究领域:①空值数据库理论。在国内外首次提出了空值数据库数据模型,完成了一系列相关研究,形成了比较完整的理论体系,著有国内外第一部该领域的论著《空值环境下数据库导论》。②数据库 NP-完全问题的求解问题。首次基本解决了求全部候选关键字、主属性,基数为 M 的候选关键字,最小候选关键字等问题,著有《关系数据库数据理论新进展》一书。③数据库数据组织的无环性理论研究。在无 α 环、无 β 环、无 γ 环的分解条件与规范化理论研究方面有了突破性进展,著有《数据库数据组织无环性理论》。④时态数据库理论研究。系统提出并完成了时态数据库中基于全序、偏序、多粒度环境下的各种时态理论问题研究,著有《时态数据库设计理论》的论著。⑤主动数据库理论研究。著有国内外第一部该方面的论著《主动数据库系统理论基础》。⑥空间、时空数据库理论研究。首次解决了空间数据库线段最近邻查询的问题,著有《时空数据库查询与推理》、《时空数据库新理论》、《移动对象数据库理论基础》等。⑦不完全信息下 XML、概率 XML 数据库理论研究。首次解决了不完全信息下 XML 数据库部分理论研究问题,著有《不完全信息下 XML 数据库基础》。

发表学术论文 230 余篇,其中,在国家一级期刊发表论文 160 余篇;在《计算机研究与发展》上发表个人学术论文专辑 2 期,被 SCI/EI 等检索 140 余篇。著书 9 部。

前 言

数据库技术和计算机网络技术已成为当今世界计算机应用中两个最重要的基础领域。针对一些特殊领域的应用,空间数据库、时态数据库已经成为现代数据库的两个重要分支。但是,单独的时态数据库和空间数据库已经无法满足需求,时空数据库的诞生成为必然。本书作者于2010年出版了《时空数据库查询与推理》一书,2011年又出版了《时空数据库新理论》一书。移动对象数据库是时空数据库的重要分支,它在铁路公路、航空航天、火箭发射、导弹系统、军事情报、卫星监测及图像处理、自然灾害的预防评估和气象预报等多种领域都有直接的应用。本书对移动对象数据库基础理论主要方面的成果分别作出讨论和较为详细的介绍。

本书共分10章。第1章概略介绍了有关移动对象数据库的一些基本概念;第2章讨论了移动数据库基本索引技术;第3章讨论了基本索引下移动对象轨迹查询;第4章对移动对象几种重要索引和查询进行了讨论,深入讨论了FT-四叉树及高维空间查询、移动点Voronoi图拓扑动态维护策略;第5章讨论了移动对象历史转迹查询、组合的移动对象轨迹查询、TBA-树的移动对象轨迹查询;第6章讨论了移动对象的反向和变体查询;第7章讨论了基于L2R-树索引结构的移动对象未来轨迹索引与查询、基于模拟预测的移动对象索引;第8章讨论了启发式计算道路网络中最近邻查询、道路网络中移动对象的连续最近邻查询;第9章讨论了FNR-树下网络移动对象轨迹查询;第10章讨论了基于概率模型的轨迹不确定性查询。

如果通过本书的讨论能够起到抛砖引玉的作用,将是作者所期盼的。另一个目的是作者从事数据库理论研究工作三十余年,作为一种责任想把研究的一些结果留给年轻同志,使有兴趣的同行和读者深入到这一领域。

本书以移动对象的过去、现在、未来查询为主线,力求用通俗易懂的语言来较为全面、系统地讨论它们,力求做到条理清晰、逻辑性强、易于理解。

本书的出版得到了哈尔滨理工大学领导以及科学出版社林鹏、耿建业同志的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

我的学生宋广军、孙冬璞、王森等做了富有成效的工作。本书所有图表的绘制分别由张丽平、李松、郝晓红、陈亚涵等完成。在此书出版之际,谨表诚挚的谢意。

作 者

2012年1月于哈尔滨

目 录

前言

第 1 章 移动对象数据库概论	1
1.1 移动对象数据库概述	1
1.2 移动对象概述	3
1.2.1 移动对象的分类和特点	3
1.2.2 移动对象数据的空间属性	5
1.2.3 移动对象的存储方法	5
1.2.4 移动对象的管理环境特点	6
1.2.5 移动对象位置更新策略及体系	7
1.2.6 移动对象的位置的表示	9
1.2.7 对象位置不确定性的表示	10
1.3 轨迹不确定性处理概述	12
1.3.1 不确定性数据管理技术	13
1.3.2 空间关系不确定性描述	13
1.3.3 空间关系不确定性研究方法	13
1.4 模拟预测移动对象	14
1.4.1 元胞自动机模拟预测	15
1.4.2 基于概率模型的预测	15
1.5 移动对象模型和查询语言概述	16
1.5.1 移动对象模型概述	16
1.5.2 移动查询语言	18
1.5.3 移动对象数据库管理系统的实现途径	19
1.6 移动对象索引和查询概述	20
1.6.1 移动对象索引技术	20
1.6.2 移动对象查询类型	22
1.6.3 空间对象近似化	24
1.6.4 空间查询处理步骤	25
1.7 空间网络数据库概述	26
1.8 本章小结	27
第 2 章 移动数据库基本索引技术	29
2.1 移动对象的索引类别	29

2.1.1	时空索引分类	29
2.1.2	移动对象的索引分类	30
2.2	R-树空间索引结构	33
2.2.1	R-树	33
2.2.2	R-树操作	36
2.3	R* 树空间索引	42
2.4	TPR-树时空索引结构	43
2.5	四叉树及四叉变形树索引结构	46
2.5.1	四叉树	46
2.5.2	四叉树的变形树	47
2.6	栅格文件索引结构	48
2.7	本章小结	50
第3章	基本索引下移动对象轨迹查询	51
3.1	移动对象轨迹的描述	51
3.1.1	插值方法	51
3.1.2	插值方法描述轨迹	52
3.1.3	道路网络轨迹的插值方法	56
3.1.4	线性函数表示方法	57
3.2	近邻查询相关的基础知识	57
3.3	基于 TPR-树的时间段最近邻查询	61
3.4	基于分界时间的 TPR-树最近邻查询	63
3.5	基于时间参数移动对象的 k NN 查询	65
3.5.1	基础知识	65
3.5.2	基于时间参数的移动对象最近邻查询 A 类算法	67
3.5.3	基于时间参数的移动对象最近邻查询 B 类算法	69
3.6	基于时间参数的 R-树 k NN 查询	73
3.6.1	基本定义	73
3.6.2	时间参数的 R-树 k NN 查询算法思想	74
3.6.3	时间参数的 R-树 k NN 查询的更新策略	76
3.6.4	有更新策略的 k NN 查询算法	77
3.7	本章小结	79
第4章	移动对象几种重要索引和查询的讨论	81
4.1	四叉树索引的讨论	81
4.1.1	移动对象轨迹索引更新	81
4.1.2	原四叉树索引存在的不足	82
4.2	轨迹索引 FT-四叉树查询	84

4.2.1	FT-四叉树索引结构	84
4.2.2	FT-四叉树更新算法	84
4.2.3	基于 FT-四叉树的高维空间查询	89
4.3	移动点 Voronoi 图拓扑维护策略	91
4.3.1	移动数据结构(KDS)模型	92
4.3.2	Voronoi 图及 Delaunay 三角网的相关定义与性质	92
4.3.3	移动对象 Voronoi 图随时间的变化过程	94
4.3.4	移动对象 Voronoi 图的维护机制	94
4.3.5	移动对象 Voronoi 图的维护机制的具体策略	96
4.3.6	插入和删除对象时移动对象 Voronoi 图的维护	100
4.3.7	基于移动点 Voronoi 图的近邻查询的数据库实现模型	101
4.4	本章小结	101
第 5 章	移动对象历史转迹查询	103
5.1	移动对象历史转迹索引 STR-树	103
5.1.1	移动对象历史转迹建模	103
5.1.2	R-树索引轨迹存在的问题	103
5.1.3	STR-树插入算法	104
5.1.4	STR-树的分裂算法	106
5.2	移动对象轨迹索引 TB-树	109
5.2.1	TB-树的插入算法	109
5.2.2	移动对象轨迹保留	111
5.3	R-树和 STR-树组合的移动对象轨迹查询	112
5.3.1	移动对象轨迹的新的查询类型	112
5.3.2	R-树和 STR-树组合的移动对象轨迹查询算法	113
5.4	TB-树和 TBA-树的移动对象轨迹查询	117
5.4.1	TB-树的移动对象轨迹查询	117
5.4.2	TBA-树的移动对象轨迹查询	118
5.5	移动对象 R-树的变型树索引性能比较	122
5.6	本章小结	123
第 6 章	移动对象的反向和变体查询	125
6.1	基本定义与定理	125
6.2	距离函数计算移动对象 q 的动态最近邻	127
6.3	移动对象反向最近邻判定	130
6.3.1	利用动态检测圆进行判定	130
6.3.2	利用时空距离函数进行判定	131
6.4	限界区域查询 q 的动态反向最近邻	133

6.4.1	TP ^{RNN} -树索引结构	133
6.4.2	时间段里 q 的动态反向最近邻查询算法	134
6.5	移动对象历史轨迹的连续最近邻查询	136
6.5.1	基本概念	136
6.5.2	移动对象运动期	137
6.5.3	移动对象历史轨迹的连续最近邻查询算法	140
6.6	移动对象的连续 k 最优有序路径查询	142
6.6.1	基本概念	143
6.6.2	连续 k 最优有序路径查询	144
6.6.3	静态全局算法	145
6.6.4	动态局部算法	146
6.7	本章小结	150
第7章	移动对象未来轨迹索引与查询	152
7.1	移动对象的未来轨迹索引	152
7.1.1	L2R-树索引结构	152
7.1.2	L2R-树插入方法	155
7.2	移动对象的未来轨迹范围查询	156
7.3	移动对象未来的点查询	160
7.4	基于模拟预测的移动对象索引	161
7.4.1	带有交叉口的元胞自动机模型	162
7.4.2	移动对象的轨迹	164
7.4.3	索引结构	165
7.4.4	索引结构的更新和查询方法	167
7.5	本章小结	170
第8章	道路网络中最近邻查询	171
8.1	启发式计算道路网络的最近邻查询理论基础	171
8.1.1	查询模式分析	172
8.1.2	选择移动查询点的最近邻启发式规则	173
8.1.3	P 区域和 R 区域	173
8.1.4	道路网络的划分和边界点的选择	176
8.2	启发式道路网络中的最近邻查询	176
8.2.1	启发式道路网络中的最近邻查询算法	176
8.2.2	启发式道路网络中的连续最近邻查询算法	178
8.3	道路网络中移动对象的连续最近邻查询	179
8.3.1	基本定义和定理	179

8.3.2 道路网络中移动对象 cNN 查询算法	182
8.4 本章小结	187
第 9 章 FNR-树下网络移动对象轨迹查询	188
9.1 减少维度网络中移动对象轨迹查询	189
9.1.1 网络和轨迹映射	189
9.1.2 查询映射	190
9.2 基于 FNR-树网络中移动对象轨迹查询	192
9.2.1 FNR-树的数据结构	192
9.2.2 FNR-树移动对象轨迹算法思想	193
9.3 FNR* 树网络中移动对象轨迹查询的讨论	197
9.3.1 移动对象网络模型	197
9.3.2 移动对象索引结构	199
9.3.3 FNR* 树多段线插入算法	200
9.3.4 FNR* 树移动插入算法	201
9.3.5 基于 FNR* 树查询算法的讨论	202
9.4 本章小结	203
第 10 章 基于概率模型的轨迹不确定性查询	205
10.1 时空不确定性轨迹描述	205
10.1.1 时空不确定性类型描述	205
10.1.2 移动对象不确定性轨迹模型	207
10.2 移动对象轨迹的不确定查询	209
10.2.1 轨迹点查询	209
10.2.2 轨迹时空范围查询	209
10.2.3 移动对象轨迹的更新策略	212
10.3 道路网络移动对象轨迹不确定范围查询	212
10.3.1 道路网络移动对象不确定性轨迹模型	212
10.3.2 基于概率的道路网络中移动对象轨迹的不确定性范围查询	214
10.4 道路网络移动对象不确定性轨迹表示	217
10.5 基于概率的道路网络中移动对象轨迹近邻查询	222
10.5.1 移动对象路线筛选	222
10.5.2 对象筛选	223
10.5.3 概率计算	227
10.6 本章小结	235
参考文献	237

第 1 章 移动对象数据库概论

1.1 移动对象数据库概述

概略地说,时空数据库是空间数据库(Spatial DataBase, SDB)与时态数据库(Temporal DataBase, TDB)系统的、有机的结合体。

空间数据库、时态数据库、移动对象数据库是时空数据库的特例。

“时空数据库是一个包含了时态数据、空间数据和时空数据,并能同时处理数据对象的时间和空间属性的数据库”是由 Yannis Theodoridi 等提出的。

更简单地讲,时空数据库就是支持空间对象随时间而发生变化的数据库管理系统。

空间对象随时间而发生变化在时空数据库里称为时空变化。

连续的时空变化指空间对象随时间连续变化,在时空数据库中称为运动;离散时空变化指空间对象的时空变化是间隔的。

把具有时空变化的空间对象称为时空对象。

把时空对象随时间而变化的空间数据称为时空数据。

对时空数据的管理能力是时空数据库与时态数据库、空间数据库的主要区别。

时空数据库是对位置由于时间变化而变化的对象的相关信息数据进行描述、存储和处理的数据库。

从大的系统处理能力来说,时空数据库是能够同时处理时态数据和空间数据的数据库系统。在时空数据库中通常管理着两类空间对象,一类是静态的空间对象,另一类则是移动对象。所谓移动对象就是指随时间的变化位置也在不断变化的物体,其特点是在任意时刻都同时具有时间和空间特性。尽管传统的数据库技术为移动对象的管理提供了基础,但要在数据库中表示移动对象的信息,还需要考虑移动对象所独有的特性,即移动性。

随着无线通信和全球定位技术的发展,移动对象轨迹的概念变得越来越重要,管理空间移动对象动态信息成为可能。

移动对象数据库是对移动对象的位置和其他相关信息描述、存储和处理的一种时空数据库系统。

移动对象数据库基本功能包括两个方面:

(1) 对移动对象数据的存储;

(2) 对移动对象数据查询的支持。

在过去的十几年里,移动计算得到了迅速发展,并给信息产业带来了一场深刻的革命。移动对象(如车辆、飞机、移动用户等)是移动计算下的运行主体。现在的大多数传统数据库管理系统不能够处理连续变化的数据,如移动对象的位置信息。这是因为在传统数据库中如果数据不被修改,数据是一直保持不变的;而要在数据库中表示移动对象并回答关于位置的查询,移动对象的位置需要连续更新。显然,移动对象位置的频繁更新是不现实的。因而,如何实施对移动对象有效管理即移动对象数据库(Moving Objects Databases, MOD)技术便成为迫切需要研究的问题。

移动对象数据库作为时空数据库的一个特例,移动对象直属于时空数据库的范围,是一个新兴的数据库分支。它主要针对离散的和连续变化的空间和时间信息。

需要注意的是,时空数据库并不一定是移动数据库,其对象可以是移动的物体,但不是必须具有移动的特性。因此移动对象数据库是作为时空数据库的分支发展而来的,它基于时空数据库中对象的运动的特性,具有移动特性。

移动对象数据库是对移动对象的位置及其相关信息进行表示和管理,并提供对移动对象进行现在、过去查询和未来预测的数据库。它是时空数据库研究领域近年来发展起来的一个重要分支,研究目标是建立移动对象数据库中的位置表示模型,解决该位置表示模型框架下的数据表示与存储、移动对象索引、位置更新及预测策略、移动对象查询处理、位置相关的持续查询及环境感知的查询处理等关键技术问题,并提出切实可行的解决方案。移动对象数据库技术是一项新兴技术,在国际上,该领域的研究均处于起步阶段。从 20 世纪 90 年代后期开始,各国研究机构就纷纷展开了对移动对象数据库的研究,并获得了许多有价值的研究成果。

传统的数据库能有效的管理移动对象的非时空属性,有效处理移动对象非时空属性的查询。但是,移动对象的移动属性是动态的,即移动对象的位置随着时间连续变化,在变化过程中不像静态属性那样明显更新数据库。因此,在 MOD 服务器的设计中,移动对象轨迹模型的建立、对象轨迹的存储更新以及涉及这些轨迹的查询等问题是非常重要的,并且是必须面对的问题,只有解决了它们才能达到应用的目的。

移动对象的轨迹和查询是移动对象数据库中的关键技术,成为当前移动对象数据库领域研究的热点问题。本书重点讨论移动对象轨迹的表达和更新问题、非约束环境和网络环境中移动对象轨迹的查询问题。

空间移动对象轨迹及查询技术在许多领域展现出了广阔的应用前景,可以用于智能交通管理、军事指挥系统、货物运输管理及消防现场作业等。在军事上,对象轨迹查询技术可以回答常规数据库无法回答的技术;在民用领域,利用轨迹查询

技术可以实现智能运输系统,出租车/警员自动派遣系统以及高智能的物流配送系统。移动对象数据库的一个重要应用是实现对移动对象的定位及追踪,即定位服务(Location Based Service, LBS)。LBS 是一种向移动用户提供位置数据的技术,提供的信息服务主要与用户当前位置相关。LBS 融合了 Internet、无线通信移动定位和 GIS 技术。随着计算机技术、无线通信技术以及定位技术的进一步发展,通过由移动通信和互联网融合的移动环球网(Mobile Web),用户可以在任何时间和地点获得移动用户所在位置的相关服务。此外,移动对象轨迹查询技术还在电子商务领域有着广泛的应用。因此,空间移动对象轨迹和查询研究具有十分重要的意义。

在实际应用中,移动对象数据库技术通常还与另外两个相关技术——空间数据库技术和位置相关的数据处理技术相结合,从而支持更为复杂的应用类型,如“查询离某个移动对象最近的购物中心”、“持续查询旅途中当地的天气预报信息”等。这些相关技术分别属于另外的研究领域,为了具有更好的针对性,本书仅仅重点讨论移动对象数据库技术。

然而,尽管前景很好,移动对象数据库技术离最终商品化尚有一定的距离。

1.2 移动对象概述

1.2.1 移动对象的分类和特点

1. 移动对象及分类

移动对象是位置不断随着时间变化的空间对象,该变化可以是离散的,也可以是连续的。移动对象按照变化的对象可以分为两大类:移动点对象和移动区域对象。

(1) 移动点对象。仅随时间变化的位置信息需要去管理,这形成了移动点对象,如各种行驶的车辆、飞机、轮船、动物、移动手机用户、掌上电脑以及具有无线通信功能的笔记本电脑等。

(2) 移动区域对象。随时间变化的形状信息抽象为移动区域对象,如运动的云层、迁徙的种群、风暴、沙漠、植被区域、油田、深林火灾、军队、流行疾病传播的区域等。

移动对象按照是否含有不断变化的属性的数据对象或者对象的位置属性随时间不断地发生改变还有狭义和广义之分:

(1) 狭义移动对象。是指对象的位置属性随时间不断地发生改变,也就是指运动的对象,如车辆、飞机、轮船、洪水、飓风等。

按照对象的运动速率分,狭义移动对象可以进一步分为连续变化的移动对象

和离散变化的移动对象。连续变化的移动对象,如行驶中的车辆、轮船、飞机等。离散变化的移动对象,如在一座办公楼中办公的人。

(2) 广义的移动对象。是指含有不断变化的属性的数据对象,不特指对象的运动,也就是说,静止的对象如果含有不断变化的属性,也可以用移动对象的方法进行管理。如房间的温度随着时间而发生变化,房间为静止对象,而温度为静止对象不断变化的属性。

2. 移动对象的特点

(1) 移动对象信息内容的多样性和复杂性。

除了它自身的属性信息及不断变化的位置信息之外,它还和周边的地理环境信息(如街区、道路、商业点、居民住宅区、旅游点等)密切相关。其数量大,数据覆盖面广,语义及拓扑关系复杂。

(2) 移动对象的随机性和规律性。

移动对象的移动有随机性,如出租汽车,它根据乘客的需要到达指定的地点,不同乘客要去的地方不同。所以,出租车司机不知道他或她的车下一站要去哪里;而公共汽车则不同,它有固定的线路和运行的时间表。另外,出租车虽然不确切知道下一步要去哪里,但根据交通需求的特点,一段时间如数周、数月,出租车的行驶轨迹可能存在某种程度的规律性,这也是交通预测和规划等的重要依据。

(3) 移动对象的静态性和动态性。

任何移动对象都有一个起点和终点,具有两种基本的状态,静止和运动。我们关心其静止的状态,如车辆停车的原因,是否出现拥堵或出现故障等;也关心其运动的状态,如运动的速度、方向和行驶轨迹等。用户不仅需要知道某移动对象在当前时间及过去的某一时间段内的运动轨迹,还需要知道在将要到来的某一时间段内的运动趋势。

(4) 移动对象的不精确性和不确定性。

移动对象的运动是连续的,但计算机却只能按照离散的方式进行存储和计算。由于采集设备精度的限制,移动对象存储的位置信息在空间上与实际的位置会存在一定的偏差。另外,传输的延时和处理的开销等影响,移动对象存储的具体信息与实际的位置上在时间上总是有滞后。因此,不管采用何种位置管理及位置信息更新策略,移动对象数据库中保存的位置信息与移动对象的实际位置总会存在一定的偏差。比如在周期性位置更新方法中,位置信息的更新是周期性完成的,在每一个更新周期内,数据库中的位置信息是不变的,而实际上移动对象可能已经在此期间离开了原来的位置。将位置表示为时间的函数同样也存在着位置的不确定性,位置函数仅仅是近似地刻画了实际位置的变化,因此,偏差总是客观存在着。在移动对象位置的显示时,也存在一定程度的不精确性和不确定性。不确定性是

移动对象管理中无法回避的问题,最好的办法不是不允许它存在,而是对它进行正确处理。

(5) 不同的时刻移动对象的查询得到的回答是不同的。

不同的时刻移动对象的查询和查询时间及查询对象所处的位置相关的,它取决于用户在不同的时刻所处的空间位置。例如,对下列两个查询:“查找离我最近的车站”和“查找处于A街区的公共汽车”,随着你的移动,周围的车站会不断发生变化,而公共汽车也是不断移动的。处于A街区的公共汽车在此时可能会是这辆,在另一时刻则可能会是那辆,随着时间的推移结果会不同。这样的查询在常规数据库中根本无法实现。

1.2.2 移动对象数据的空间属性

移动对象数据具有空间数据的特点,不同的是空间数据是静止的而移动对象数据是随时间不断变化的。因此,在分析移动对象数据时应考虑其时间属性和空间属性的特点:

(1) 时间信息的变化总是单调递增的。

(2) 在时空数据库中,定义了有效时间和事务时间两个时间维度,时空数据库应有效支持有效时间、事物时间或双时间。

(3) 数据库的主要目的是准确反映现实世界,空间对象随时间的递增,其变化频率的快慢决定了数据库表示移动对象数据的方式,移动对象数据可分为离散和连续两种情况。

(4) 不可排序性。对于多维空间中的移动对象数据无法建立一个可以反映其邻近性的排序,即无法找到一个从多维空间到一维空间的映射 f ,使得多维空间的任意两点 V_1 、 V_2 ,满足 $f(V_1)$ 、 $f(V_2)$ 相邻当且仅当 V_1 、 V_2 在空间上相邻。

(5) 相关性。一个移动对象可能是点(如汽车)或区域(如洪水),一个 n 维的移动对象至少在其中的一维上覆盖一个区间,而且一个移动对象数据库里的数据量通常是很庞大的,这使得移动对象间有可能相互重叠,也就是移动对象间存在一定的相关性。

(6) 数据复杂性。在现实世界中,移动对象的空间分布是不均匀的,大小也可以是多种多样的,所以移动对象在计算机中的表示比较复杂。由于移动对象不断的运动,它的空间位置的判定也比较复杂。

1.2.3 移动对象的存储方法

空间数据的海量性和复杂性对空间数据的存储技术提出了较高的要求。对移动对象信息的存储是空间数据存储领域的一个突出问题。

移动对象的属性用于描述移动对象特有的性质,可以分为静态和动态属性。

以车辆对象为例,静态属性主要指对象 ID、型号、出厂日期与所有者等;动态属性主要指移动对象的位置、速度、方向、时间、所在区域与状态等。对移动对象信息的存储主要有以下三类:

(1) 空间位置点存储。

使用关系数据库将移动对象在移动过程中采样的每个位置信息依次存储起来,包括 X,Y 坐标、运动方向、速度和时间信息等。它的特点是数据库里存储了所有车辆的位置序列数据,由于对原始数据进行存储,灵活性好,可满足多种需要。缺点是如果移动对象数量很大,如一个城市的所有出租车,系统需存储的数据量很大。另外,不同的移动对象,数据采样的频率可能不同,移动对象位置点信息可以用于对移动对象位置进行实时显示,也可用于过去某时间段移动轨迹历史的回放,其特点是数据存储量很大。

(2) 移动函数存储。

通过构造移动对象的移动函数来表示对象的运动轨迹。运动函数采用一般的函数方法,在有效的时间内推算出对象的位置和相应的运动类型。运动的参数描述了运动函数所描述的运动物体运动特性,如移动对象的开始位置、运动的速度和方向。其特点是对于运动比较规律的移动对象,如飞机、船只,只需存储比较少的运动参数就能满足历史轨迹查询的需要,同时也便于预测移动对象未来的位置。但对于不遵循运动规律的移动对象,移动函数存储将会失效。

(3) 移动轨迹存储。

移动对象各个空间位置点的数据组成了一条移动轨迹。为了分析移动轨迹各时间段的情况,可以将移动轨迹分成很多段,分段的依据是移动对象方向的改变或状态的变化,也可以是隔一确定的时间间隔。因为移动轨迹能比较好的反映移动对象的运动规律,所以常作为移动对象查询等的基本单位,且其存储的数据量要比空间点位置方法节省很大的存储空间,将有利于系统性能的提高。

1.2.4 移动对象的管理环境特点

移动对象产生于移动计算的环境,与基于固定网络的传统分布计算环境相比,移动计算环境具有其自身的一些特点。

(1) 移动性。

在移动计算环境中,最突出的特征是设备的移动性。一个移动设备可以在不同的地方联通网络,而且在移动的同时也可以保持网络连接。这种计算平台的移动性可能导致系统访问布局的变化和资源的移动性。

(2) 频繁地间断性。

移动设备在移动过程中,由于使用方式、电源、无线通信费用、网络条件等因素的限制,一般不采用保持持续联网的工作方式,而是主动或被动地间歇性入网、

断接。

(3) 网络条件多样性。

移动计算机的移动性使得不同时间可用的网络条件(如网络带宽、通信代价、网络延迟以及服务质量等)一般是变化的。它既可以联入高带宽的固定网络中(如 LAN),也可以工作在低带宽的无线广域网中(如 CDPD),甚至根本无网可上(处于断接状态)。

(4) 无线连接的低带宽。

和固定网络相比,无线连接的带宽要小很多。无线 WAN 的带宽只有几十 kbps,目前最新的无线 LAN 产品带宽可达到 11Mbps,但是和爆炸式增长的数据相比,这些带宽是不够的,对于需要传输多媒体数据的应用场合而言更是如此。

(5) 网络通信的非对称性。

由于物理通信媒介的限制,一般的无线网络通信都是非对称的,表现在固定服务器结点可以拥有强大的发送设备。移动设备的发送能力非常有限,于是下行链路(服务器到移动设备)的通信带宽与代价和上行链路(移动设备到服务器)相差很大。

(6) 低可靠性。

无线网络与固定网络相比,可靠性较低,容易受到干扰而出现网络故障。因此,移动数据管理需要对此有相应的处理。

1.2.5 移动对象位置更新策略及体系

随着无线通信技术与全球定位技术的发展,基于位置的服务能够向用户提供可靠的位置服务信息并得到广泛应用。在基于位置的服务中存在移动对象的大量更新,如何管理移动对象位置的更新将成为基于位置服务技术要解决的问题。

为了有效地减小移动对象位置存储的更新频率,提高通信效率与提供精确的位置服务,在对移动对象实施更新的过程中,更新开销是衡量移动对象位置更新的主要指标。更新耗资有:通信开销,由于通信网络带宽的限制,移动对象频繁地更新可能加重网络开销及通信难以实施;服务器端开销,传统数据库管理系统难以对大量频繁更新支持,如果传统数据库管理系统要对移动对象位置更新有效地支持就必须需要巨额外开销;客户端开销,由于通信网络带宽的限制,移动对象客户端必须执行复杂计算,再加之移动设备电量有限,处理能力有限,很难完成更新实施。

1. 移动对象位置更新策略

从移动对象建模实现过程来看,可以在两类移动对象建模方向上对移动对象的建模归结为三类。其一是基于点的建模方法,移动对象的位置建模为时间的常