

基于事件的时空数据库增量更新

周晓光^{1),2)} 陈军²⁾ 朱建军¹⁾ 李志林³⁾

¹⁾(中南大学测绘与国土信息工程系,长沙 410083) ²⁾(国家基础地理信息中心,北京 100044)

³⁾(香港理工大学土地测量与地理资讯学系,香港 999077)

摘要 提出了一种时空数据自动化(或半自动化)的更新方法——基于事件的时空数据库增量更新方法(event-based incremental updating,缩写为E-BIU)。其以地理事件、空间实体变化类型及时空数据库动态操作算子间关系为基础,通过地理空间变化事件来确定单一实体变化类型,然后通过单一实体变化类型与动态操作算子之间的关系来确定更新操作以实现时空数据库更新的自动化(或半自动化)。继而设计了E-BIU系统的实现框架,包括地理空间变化事件队列(简称事件队列)、时空数据库、3个代理(事件代理、更新规则代理和一致性规则代理)、两个规则集(更新规则和一致性规则),描述了其实现流程,并对该方法进行了实例分析与实验验证。

关键词 增量更新 地理事件 空间变化类型 数据库操作 代理

中图分类号: P208 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2006)10-1431-08

Event-based Incremental Updating of Spatio-Temporal Database

ZHOU Xiao-guang^{1),2)}, CHEN Jun²⁾, ZHU Jian-jun¹⁾, LI Zhi-lin³⁾

¹⁾(Department of Geomatics, Central South University, Changsha 410083)

²⁾(National Geomatic Center of China, Beijing 100044)

³⁾(Department of Land Surveying and Geo-Informatics, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong 999077)

Abstract Based on the relationship among the geographic events, spatial changes and the database operations, a new automatic(semi-automatic) incremental updating approach of Spatio-Temporal database(STDB) named as Event-Based Incremental Updating(E-BIU) is proposed in this paper. At first, the relationship among the events, spatial changes and the database operations is analyzed, then a total architecture of E-BIU implementation is designed, which includes an event queue, three managers and two sets of rules, and each component is presented in detail. The process of the E-BIU of the master STDB is described successively. An example of incremental updating is given to illustrate this approach at the end. The result shows that E-BIU is an efficient automatic updating approach for master STDB.

Keywords Incremental updating, geographic events, spatial changes, database operation, manger

1 引言

时空数据库更新是用现势性强的现状数据或变化数据更新数据库中非现势性的数据,保持现状数据库中空间信息的现势性和准确性或提高数据精度,同时将被更新的数据存入历史数据库供查询检索、时间序列分析、历史状态恢复,为决策管理和研

究服务。因此时空数据库更新不是简单删除替换,在更新的同时要记录历史。数据更新的实质是将现实世界中的现状实体转变为数据库中的当前对象并将原数据库当前对象转变为历史对象的过程^[1]。

目前空间数据库更新主要由应用驱动,在应用驱动下国内外的一些学者对空间数据库更新的数据源、更新机制、模型、方法、流程和更新过程中的空间数据质量控制等进行了初步探讨^[2-6]。

基金项目:国家自然科学基金项目(40337055, 40571122)

收稿日期:2005-05-20;改回日期:2005-10-11

第一作者简介:周晓光(1969~),女,副教授。2005年于中南大学获工程测量专业博士学位。主要研究方向为时态GIS和空间关系。已发表学术论文20余篇。E-mail:zxc@mail.csu.edu.cn

但总体来说,目前空间数据库的更新主要由操作人员手工交互完成,当通过地面测量或航空摄影等方式将获得变化后的状态信息提交到数据中心后,操作人员通过对变化前后两个快照的内容叠加分析比较来确定哪些对象应该添加、哪些对象应该删除、哪些对象应该修改等。这种传统手工编辑更新方式不仅劳动强度大而且容易产生错误,因此迫切需要发展自动或半自动化的更新方法^[7,8]。

时空数据库更新包括定期更新(如 2 年更新一次),固定变化程度的更新(如 10% 的空间对象发生变化,便全部更新)和增量更新。增量更新是指变化(图形或语义变化)一经发生、发现、测定,空间数据库便更新其数据库内容,保存变化信息,而且更新后的数据能够不断传递给用户使用的一种理想的更新方式^[9]。增量更新由于其方式灵活而且能够更好地保证空间数据的现势性,成为未来数据库更新的主要趋势。

时空数据库的增量更新包括以下 3 个阶段:变化发现和收集;主数据库增量更新;用户数据库增量更新。本文主要讨论主数据库的增量更新。目前自动(或半自动化)的主数据库更新思路一般是:变化发生后,系统获得当前状态的快照,将变化前后的两个快照进行叠加比较,提取出变化对象,然后按照预先定义好的变化类型,执行相应的更新操作^[6,7]。在叠加过程中一般用到两种操作,一是集合关系操作,其可判别出对象相等、新对象出现、旧对象消失等信息;二是拓扑关系操作,其可进一步指出哪些对象之间存在交集。但该方法无法提供对象出现和消失的时间等对象的生命周期信息及有交的对象之间到底发生了什么变化等对象的变化过程信息,因此这种更新仍然是一种非时态的快照式数据更新。

如图 1 所示,在 T_0 时刻有 5 栋房子 (H_0, H_1, H_2, H_3, H_4),在 T_1 时刻有 4 栋房屋 (H_0, H_5, H_6, H_7) 和一条道路 (Road 1)。通过对两个时刻快照数据的叠加比较,只能得出这样的结论:从 T_0 到 T_1 ,新修了一条道路 (Road 1),拆除了一栋房屋 H_2, H_0 没有发生变化, H_1, H_3, H_4 变成了 H_5, H_6, H_7 ,但它们之间到底发生了什么变化? 尚无法确定。因此不知道对 $H_1, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7$ 应该执行怎样的更新操作。一般来说,在增量式更新中“发生了什么”(即变化事件)在收集变化信息之前,收集变化信息的人便已经知道了,如果将这些事件信息按照某种格式随空间变化信息一起提交给数据库,则系统便同

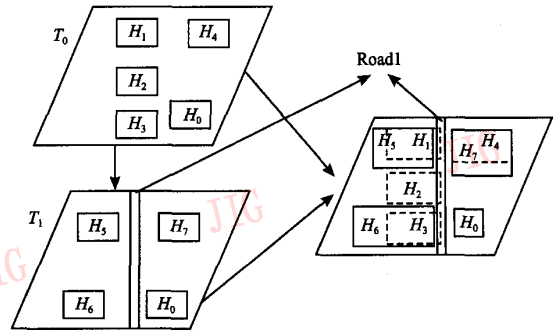


图 1 叠加操作的局限性示意图

Fig. 1 The limits of overlapping operation

时获得了该事件所涉及的空间对象的生命周期及变化过程等时空数据库增量更新所必需的信息。因此事件对时空数据库更新来说是非常重要的。

另外,自 Langran 于 1993 提出“状态、事件、证据”(states, event and evidence)为 TGIS 的 3 种主要数据类型以来^[9],事件已成为 TGIS 的一项重要研究内容,如事件分类的研究^[10];基于事件的时空数据模型的研究^[11-15]。事件信息的收集是基于事件的时态 GIS 所必须解决的问题。

提出了一种新的时空数据库增量更新方法——基于事件的时空数据库增量更新方法(event-based incremental updating, 简称为 E-BIU)。该方法的前提是假设事件信息能够在收集变化信息时一起收集并按照预先设计的格式提交给数据库系统。该方法的更新策略为引起地理空间对象变化的地理事件、空间对象的变化类型、时空数据库的动态操作之间的关系。其中地理事件是指引起空间对象状态(包括空间和语义状态)变化的原因,数据库动态操作为插入、删除等引起数据库记录变化的操作。时空数据模型为基于事件的面向对象模型。

2 E-BIU 的更新策略

E-BIU 的更新策略是基于地理事件、空间对象变化类型、数据库动态操作间关系的,因此首先讨论地理事件、空间变化类型、数据库动态操作及其间的相互关系。

2.1 地理事件

地理事件是在现实世界中引起时空对象状态变化(包括几何和语义变化)的一次发生。地理事件发生频繁而且复杂,按照不同的分类方式可以分为

许多不同的类型,在不同的应用领域可能有不同的事件和不同的分类方法。在时空数据更新领域,主要关心的是引起空间对象状态(空间和语义状态)变化的地理事件,这些事件包括改变空间对象几何状态的事件,如人工建(构)筑物(房屋、道路、围墙、堤坝等)的修建、拆除、部分拆除、扩建及地块划拨等事件;改变空间对象语义状态的事件,如改变房屋的户主、土地的使用性质等的事件;和可能同时改变多个空间对象的几何和语义状态的事件,如地震、洪水、暴雨、暴雪、火山爆发等。地理事件是可以扩充的。

2.2 地理空间对象的变化类型

对地理空间对象变化类型的认知是时空数据库更新的前提,同样变化分类是时空认知的一项重要内容。自从 2000 多年前,亚里士多德将空间变化分为四大类型以来^[16],人类对这方面的探索便一直没有停止过。1995 年 Claramunt and Theriault 等人在总结前人工作的基础上将时空变化过程分为三大类^[12],这种分类方法在国际 GIS 届被广泛引用。

然而他们的研究都只考虑了变化前后的两个状态,而时空数据库要表达的是更长的历史变化过程,因此从漫长历史变化的角度看,他们都忽略了另一种变化类型:重现。历史上常常有这么一类现象,在某地曾经有某一空间对象,由于某种原因消失了,经过一段时间后,又重新出现了,将这类现象称为重现,如某地有一条河,由于常年干旱,这条河消失了,几年后,由于气候的变化,它又出现了。

从面向对象的角度来看,单个实体的变化过程类型(即单个实体的变化类型)是时空数据库更新操作的基础,多个实体间的演变和多个实体间空间结构的变化过程都可通过对单个实体的操作来实现。因此只考虑单个实体的空间变化情况,将单个实体的变化类型归纳为:出现、消失、属性变化、扩大、缩小、变形、移动、旋转和重现等 9 种基本类型(如图 2 所示)。

2.3 空间变化类型与变化事件之间的关系

空间变化类型与地理事件之间的关系如表 1 所示,从表 1 可看出地理事件与单个对象的空间变化类型之间存在着 1:1 和 1:m 两种对应关系,如新建、扩展、部分拆除、拆除等事件与变化类型之间的关系为 1:1 的关系,而地震、洪水、暴雨等事件与变化类型之间的关系为 1:m 的关系。按照事件与空间变化类型之间的关系可将事件分为简单事件和复

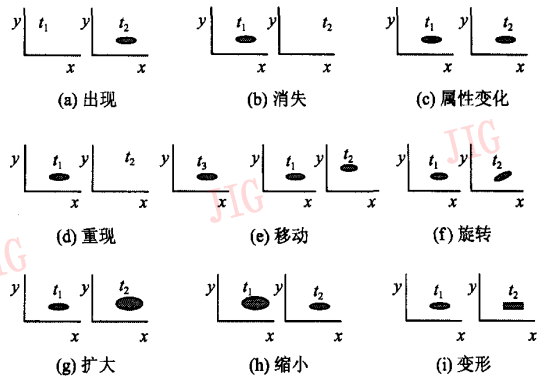


图 2 单个实体的基本空间变化类型

Fig. 2 Basic spatial changes of single entity

杂事件,简单事件是指两者之间的关系为 1:1 的事件,简单事件只引起一个或多个空间对象的一种空间(或语义)变化;复杂事件是指可能引起与该事件有关的部分或全部空间对象的多于一种的空间(或语义)变化的事件,复杂事件与变化类型间的关系为 1:m。

表 1 地理事件与单个实体变化类型之间的关系

Tab. 1 Relationship between geographic events and change types of single entity

事件代码	稳定	扩大	缩小	移动	旋转	出现	消失	重现	变形
维修	1	✓							
扩建	2		✓						
部分拆除	3			✓					
整体移动	4				✓				
整体旋转	5					✓			
新建	6						✓		
拆除	7							✓	
语义变化	8	✓					✓	✓	✓
重构	9		✓	✓			✓	✓	✓
地震	10	✓		✓			✓	✓	✓
洪水	11	✓		✓	✓		✓	✓	✓
暴风雨	12	✓	✓	✓			✓	✓	✓
暴风雪	13	✓	✓	✓			✓		✓
火山爆发	14	✓	✓	✓			✓		✓

2.4 时空数据动态操作

时空数据更新必将通过数据操作来实现,一般

来说,数据库操作可分为静态操作和动态操作,静态操作是不改变操作对象属性特征状态(包括空间和语义属性)的操作,如查询操作等;动态操作是改变操作对象的特征状态(空间或语义)的操作,如插入、删除、修改等^[17]。时空数据更新必将改变空间对象在时空数据库中的存在状态,其所涉及的相关操作作为时空数据动态操作,因此本文只讨论时空数据动态操作。

近几年来,国际时态 GIS 方面的学者已开始这方面的研究工作,如 Raza 提出时空数据库至少应该包括 4 种动态操作算子^[18]; Hornsby 和 Egenhofer 提出了基于标识符的单个空间对象的 9 种操作算子和两个对象之间变化的 18 种操作算子^[19]。从面向对象的观点来看,时空数据库只需要 7 种单一对象变化的基本动态操作。

假设时间是 1 维线性时间,时间区间 $[start, end]$ 表示空间对象的生命周期,并且 $\{ (T_{start}, T_{end}) | T_{start} \leq T_{end} \}$, 生命周期为 $[start, *]$ 的空间对象为当前对象,生命周期为 $[start, end]$ 的空间对象为非活性对象(即历史对象)。面向对象的时空数据库中 7 种动态操作算子定义如下:

新建(create) 新建或产生一条新的时空数据库记录,即该操作将新建立的对象的时间定义为 $[start, *]$ 。

删除(destroy) 永久地从数据库中删除一个当前时空对象,这意味着该对象在时空数据库中将不再存在。对于时空数据库来说,原则上数据应该是只增不删的,因此执行该操作时应该特别慎重。但是我们知道,在数据建库和更新过程中,难免有错误发生,即在数据库的当前对象中,可能有错误的或不该入库的对象存在,这时便应该彻底地删除该记录。

修改(modify) 修改当前或非当前对象的属性(包括空间和语义属性),在时空数据库中,修改属性意味着给被操作对象增加一个新的版本。

取消(eliminate) 将一条当前记录变为非当前记录,该操作将对象的生命周期定义为 $[start, end]$ 。

忆起(recall) 在数据库中添加一条非当前对象的记录,该对象的生命周期为 $[start, end]$ 。

忘却(forget) 对历史对象的忘却,即从历史数据中彻底清除一条记录,该记录在该数据库中不再存在。

唤醒(reincarnate) 在原历史记录的基础(原

对象的时戳为 $[start, end]$) 上产生一条新的时空数据库记录,该记录的空间、属性和语义信息均与原历史对象相同,而时戳为 $[start, *]$ 。

用于时空数据动态更新的操作主要包括:新建(create),唤醒(reincarnate),修改(modify),取消(eliminate)等。

2.5 空间变化类型和动态更新操作之间的关系

单个空间对象的变化类型归纳为出现、消失、属性变化、扩大、缩小、变形、移动、旋转和重现等 9 种基本类型;时空数据动态更新的操作主要包括:新建(create),唤醒(reincarnate),修改(modify),取消(eliminate)等,它们之间的对应关系如图 3 所示。

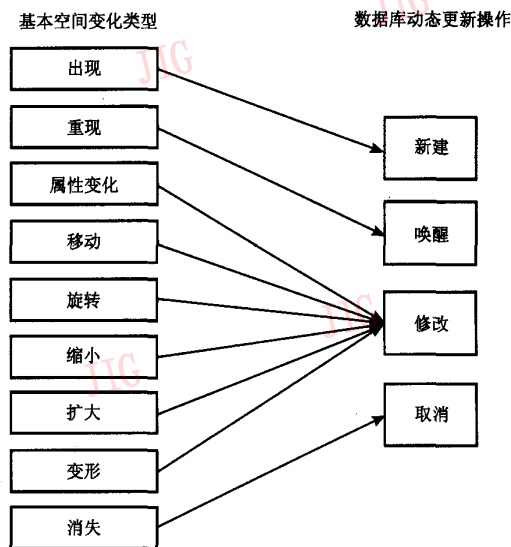


图 3 空间变化类型与动态操作之间的关系示意图
Fig. 3 Relationship between spatial changes and database updating operations

从图 3 可以看出,空间对象的基本变化类型与动态更新操作之间的关系为 $m:1$,也就是说只要能够确定地理空间对象的空间变化类型便能够比较容易地确定数据库应该执行什么样的动态操作。

综上所述,地理空间变化事件可分为简单事件(事件与变化类型之间的关系为 $1:1$ 的事件)和复合事件(与基本变化类型之间的关系为 $1:m$ 的事件),空间对象的基本变化类型与动态更新操作之间的关系为 $m:1$,因此如果发生一个简单事件,则时空数据库只需要触发一个相应的动态操作,而当一个复合事件发生时,则首先需要触发一段所涉及对象的变化类型识别的程序,然后对不同的变化类型触发相应的动态操作。

应该说明的是:地理空间变化事件是可以扩充的,当一个新的地理空间事件加入系统时,对于简单事件,只需要定义事件与变化类型之间的关系即可,而对于复合事件,除需要定义复合事件与基本空间变化类型之间的关系外,还需要给定相应变化类型的判定程序。

3 E-BIU 系统的实现方案

实现 E-BIU 系统的总体框架如图 4 所示。E-BIU 系统由地理空间变化事件队列(简称事件队列)、时空数据库、3 个代理(事件代理、更新规则代理和一致性规则代理)、两个规则集(更新规则和一致性规则)组成。

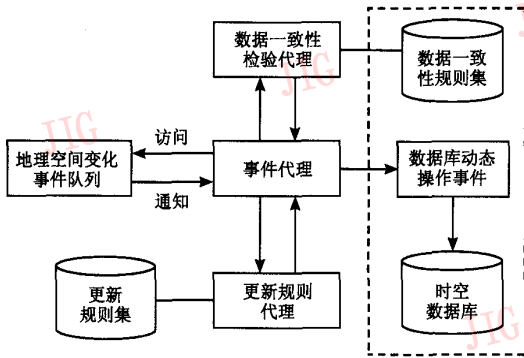


图 4 实现 E-BIU 系统的总体结构图

Fig. 4 Implementation architecture of event-based incremental updating

3.1 事件队列

事件队列用来存储当地理变化事件发生后,测量人员提交给系统的变化信息(包括空间信息、语义信息、事件信息和测量信息)。事件代理对事件队列的访问机制可以完全按照事件提交的先后顺序,也可以按照某种优先规则。事件队列用 C 语言定义如下:

```
typedef struct event/ the definition of event/
{ char ev_name; / event name/
int ev_type; / event type/
int ev_id; / event identity/
date event-time; / the event happening time/
geometry ev_spatial_property;
/ the spatial-property of an event. /
...; / the other properties/
} event;
typedef struct eventqueue/ the definition of event queue/
```

```
{ int head; / the head of the event queue/
int tail; / the tail of the event queue/
event ev[ maxevent ]; / event queue/
} Event-queue.
```

3.2 代理

如图 4 所示,系统包括 3 个代理:事件代理是系统的核心,它负责整个基于事件的时空数据库更新的全过程,如从事件队列中获取变化信息,然后通知规则系统和数据库系统等;数据更新代理负责当事件代理检测到变化事件后,通知数据更新规则库形成并返回时空数据库更新的操作表达式;一致性规则代理负责在数据更新操作执行后检查更新后数据的一致性。

3.3 规则系统

规则系统包括两个规则集:数据一致性规则集和数据更新规则集。一致性规则集中存放的是对象间时空拓扑关系的一致性约束条件;数据更新规则是指确定时空数据库更新操作的规则,数据更新规则按照事件类型来组织。

如表 2 所示,事件更新规则的形式为‘on event-type do action’,其中‘event-type’为事件代码,事件代码如表 1 所示为 1~100 之间的自然数,如‘7’指拆除。对于简单事件规则中的‘action’即为动态更新操作。

表 2 简单事件更新规则说明

Tab. 2 The rules of simple events

事件名称	事件代码	更新操作	说明
维修	1	modify	为操作对象添加一个新的版本
扩建	2	modify	为操作对象添加一个新的版本
部分拆除	3	modify	为操作对象添加一个新的版本
移动	4	modify	为操作对象添加一个新的版本
旋转	5	modify	为操作对象添加一个新的版本
新建	6	create	为操作对象添加一条时戳为 [start, *] 新记录
拆除	7	eliminate	将操作对象的时戳 [start, *] 改为 [start, end]

而对于复合事件规则中的‘action’则要复杂得多,其关键问题是识别空间对象的变化类型,提出了一种基于事件类型、事件与基本空间变化类型之间的关系及变化前后对象之间的集合和空间拓扑关系的识别方法。为了简单起见,这里所涉及的时空对象为简单的几何对象,不包括拓扑对象。为了更新处理过程中更容易判断出对象的变化类型,可根据复合事件所涉及的空间对象在变化前和变化后的集

合和拓扑关系将这些空间对象分为三大类:覆盖对象 (overlapping)、消失对象 (disappearance) 和新出现对象 (appearance)。

定义 1 覆盖对象为 T_0 时刻的对象与 T_1 时刻的同类对象之交集不为空的对象和 T_1 时刻对象与 T_0 时刻的同类对象之交集不为空的对象的集合。

$$\text{overlapping} = \{ \text{objects}_{T_0} : (\text{object}_{T_0} \cap \text{object}_{T_1} \neq \emptyset) \} \cup \{ \text{objects}_{T_1} : (\text{object}_{T_1} \cap \text{object}_{T_0} \neq \emptyset) \}$$

命题 1 消失对象 (disappearance) 为变化前对象中与变化后对象无交的对象集合,因此 disappearance 等于 T_0 时刻对象集 dataset_{T_0} 与 T_0 时刻对象与覆盖对象之交集的差;新出现对象 (appearance) 为变化后对象中与变化前对象无交的对象集合,因此 appearance 等于 T_1 时刻对象集 dataset_{T_1} 与 T_1 时刻对象与覆盖对象之交集的差,即:

$$\text{disappearance} = \text{dataset}_{T_0} - (\text{overlapping} \cap \text{dataset}_{T_0}),$$
$$\text{appearance} = \text{dataset}_{T_1} - (\text{overlapping} \cap \text{dataset}_{T_1})$$

覆盖对象 (overlapping) 又可分为两部分: overlapping1 , overlapping2 。

定义 2 overlapping1 为变化前与变化后未发生任何变化的对象,即在 T_0 时刻与 T_1 时刻完全相等的对象的集合 (如图 1 中的 H_0); overlapping2 为 overlap 减去 overlapping1 后的对象 (如图 1 中的 $H_1, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7$)。

$$\text{overlapping1} = \{ \text{objects} : \text{objects}_{T_0} = \text{objects}_{T_1} \}$$
$$\text{overlapping2} = \text{overlap} - \text{overlap1}$$

overlapping1 中的所有对象都是稳定的,未发生任何空间 (或语义) 变化的对象,因此不需要进行任何操作。而对于 overlapping2 中的对象则需要按照事件类型和 T_1, T_2 时刻对象之间的关系等来决定其变化类型。总之,复合事件所涉及的空间对象可分为 4 部分: disappearance, appearance, overlapping1 and overlapping2 , 如图 5 所示。

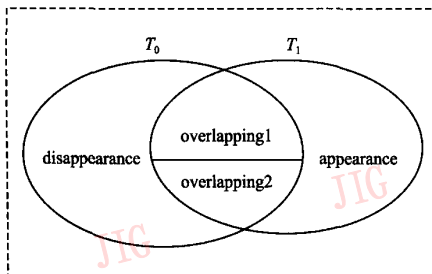


图 5 变化前后数据集之间的关系
Fig. 5 Relation between data sets

4 E-BIU 的更新流程

当任何一个变化事件被检测到后,事件代理自动触发如下操作流程:

- (1) 在事件表中插入一条事件记录;
- (2) 事件代理按照事件代码判断事件类型:简单事件、复合事件;
- (3) 对于复合事件,事件代理在工作区间中形成 T_0 时刻的快照和 T_1 时刻的快照 (从时空数据库中掏出相应区域的空间特征数据,形成变化前 T_0 时刻的快照,从变化事件的空间属性部分提取 T_1 时刻的快照);
- (4) 更新代理将 T_1 时刻与 T_2 时刻的快照分成 4 部分:完全消失的对象 (disappearance)、完全不变的对象 (overlapping1)、部分变化的对象 (overlapping2)、新加的对象 (appearance);
- (5) 更新代理按照更新规则集进行处理并形成时空数据库更新的操作表达式;
- (6) 执行相应的操作表达式更新数据库记录;
- (7) 数据一致性代理按照一致性规则检查更新记录的数据一致性,如果新形成的数据集的数据一致性不存在任何问题,则数据更新过程结束;如果新数据集中存在某些冲突,这些冲突被标记出来,由数据库管理员来处理。

对于简单事件,由于变化对象及其变化类型可以直接由事件类型确定,上述 3、4 两步可以省略,事件代理可直接通知更新代理执行第 5 步 (如图 6 所示)。

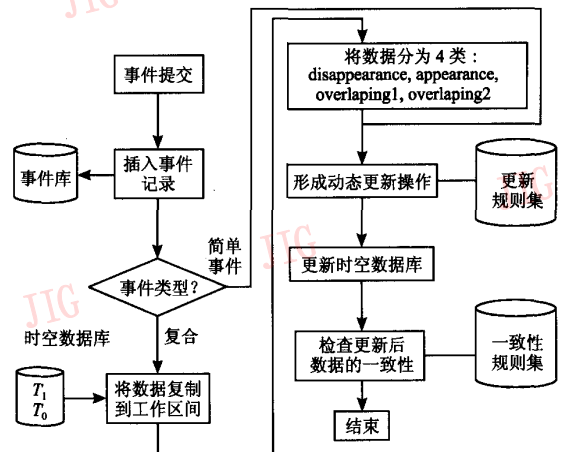


图 6 基于事件的时空数据库更新流程
Fig. 6 Process of event-based incremental updating

这样,可以省去简单事件更新处理中的查找和比较时间,而在增量更新中,简单事件所触发的更新占有很大的比重。由于这一更新过程的所有行为均由提交给系统的地理变化事件所触发,故将这一更新过程命名为基于事件的时空数据库增量更新。

5 实例与实验

现仍以图 1 所示的情况为例来说明该方法,图 1 中 T_0 时刻有 5 栋房子 (H_0, H_1, H_2, H_3, H_4),为了修路,拆除了 3 栋房屋 (H_1, H_2 和 H_3),新修了两栋房子 (H_5, H_6) 和一条道路 (road 1),后将 H_4 扩建为 H_7 。外部变化事件及相应的数据库动态更新操作如表 3 所示,即 eliminate H_1, H_2 和 H_3 , create H_5, H_6 和 road 1, modify H_4 (即以 H_7 的空间属性为空间属性为 H_4 添加一个新的版本),其操作表达式分别为

- event 1 demolishing H_1, H_2 和 H_3 :
eliminate (H_1) + eliminate (H_2) + eliminate (H_3);
- event 2 building H_5, H_6 : create (H_5) + create (H_6);
- event 3 building road 1 : create (road 1);



(a) 更新前



(b) 更新后

图 7 实验

Fig.7 Experiment

6 结论

提出了一种时空主数据库更新的自动(半自动)化更新方法,命名为基于事件的时空数据库增量更新(E-BIU),其更新策略是建立在地理空间变

表 3 E-BIU 更新方法举例

Tab.3 Example of event-based updating

事件 id	事件类型	事件代码	更新操作	操作对象
1	demolishing	7	eliminate	H_1, H_2, H_3
2	building	6	create	H_5, H_6
3	building	6	create	road1
4	extension	2	modify	H_4 to H_7

event 4 extension H_4 to H_7 : modify (H_4, H_7).

由此可见,该方法是可行的,由于本方案区分了有效时间 (world time/valid time) 和事务时间 (transaction time / database time),为了顾及每个事件处理后的数据一致性,事件提交的顺序应该为变化发生的先后顺序。

用 VC ++ 集成 MapX 和 Oracle Spatial 以居民地、交通及其附属设施、水系等为例对 E-BIU 系统进行了实验研究,设计了基于事件的增量信息表达格式,并以图 7 所示的实际数据为例,提取了模拟增量信息文件,对本文所提出的基于事件的增量更新方法进行了实验验证。

化事件、空间对象变化类型和数据库更新操作间关系基础之上的;设计了 E-BIU 的实现框架,描述了其实现过程,并对其进行了实例分析和实验验证。该方法不仅能够实现自动或半自动化的数据更新,而且对于简单事件来说,可以直接由事件触发相应的数据库更新操作,从而节省了搜索变化对象、判定

变化类型的时间;另外该方法虽然是针对主数据库增量更新而提出的,但它同样适合于用户数据库的增量更新,并且对用户数据库的更新来说,只需要传递‘change-only’信息;同时由于该方法收集了事件信息,因此它将使因果关系的分析和查询成为可能。

对于复合事件,由于一个事件可能涉及到多个对象和多种变化类型,如何确定所涉及变化对象的变化类型仍有待研究;能向系统提供包含事件内容的变化信息是 E-BIU 系统顺利实现的前提,因而有待进一步研发基于事件的变化信息采集与提交系统。

参考文献 (References)

- PAN Yu-chun, ZHONG Er-shun, ZHAO Chun-jiang. A study on update technologies for spatial database[J]. *Geoinformation Science*, 2004, 6(1): 36~39. [潘瑜春, 钟耳顺, 赵春江. GIS 空间数据库的更新技术[J]. *地球信息科学*, 2004, 6(1): 36~39.]
- JIANG Jie, CHEN Jun. Some consideration for update of fundamental geo-information database[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2000, 46(5): 1~3. [蒋捷, 陈军. 基础地理信息数据库更新的若干思考[J]. *测绘通报*, 2000, 46(5): 1~3.]
- Liu Man-cang. Urban space datum updating mechanism and technological method[J]. *Surveying and Mapping in Shanxi*, 2003, 10(3): 13~16. [刘满仓. 城市空间数据基础信息更新机制与技术方法[J]. *三晋测绘*, 2003, 10(3): 13~16.]
- WU Xiao-ping, HU Qi-ping. The research on asynchronous update model of spatial data based on object relational database[J]. *Application Research of Computers*, 2003, 20(4): 40~42. [武小平, 胡启平. 基于 ORDB 的分布式空间数据异步更新模型研究[J]. *计算机应用研究*, 2003, 20(4): 40~42.]
- AN Ru, FENG Xue-zhi, WANG Hui-lin. A practical approach to quality control and evaluation of spatial data updating and integrating based on “3S” technologies[J]. *Remote Sensing Information*, 2002, 17(2): 19~24. [安如, 冯学智, 王慧麟. 利用遥感技术集成与更新 1:50000 基础地理空间数据时的数据质量控制与评价——以“苏省 1:50000 空间数据集成与更新”为例[J]. *遥感信息*, 2002, 17(2): 19~24.]
- Beyen J, Brussels J H. Updating topographic databases with arcinfo; client-fitted creation of change-only information [A]. In: *GIS-between Visions and Applications, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* [C], Stuttgart, Germany, 1998: 59~64.
- Cooper A, Peled A. Incremental updating and versioning [A]. In: *The 20th International Cartographic Conference (ICA)* [C], Beijing, 2001: 2806~2809.
- Badard T. On the automatic retrieval of updates in geographic databases based on geographic data matching tools [A]. In: *ICA / ACI 1999-Proceedings/Acte* [C], Ottawa, Canada, 1999: 1291~1300.
- Langran G. Issues of implementing a spatiotemporal system [J]. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1993, 7(4): 305~314.
- SHU Hong, Gold C, CHEN Jun. Various events involved in spatio-temporal databases [A]. In: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* [C], Amsterdam, Netherlands, 2000: 971~978.
- Allen E, Edwards G, Yvan B. Qualitative causal modeling in temporal GIS [A]. In: *Spatial Information Theory-A Theoretical Basis for GIS* [C]. New York: Springer-Verlag, 1995: 397~417.
- Claramunt C, Thériault M. Managing time in GIS an event-oriented approach [A]. In: *Recent Advances on Temporal Databases* [C], Zurich, Switzerland: Springer-Verlag, 1995: 23~42.
- Peuquet D J, Duan N. An event-based spatiotemporal data modal (ESTDM) for temporal analysis of geographical data [J]. *International Journal of Geographical Information System*, 1995, 9(1): 7~24.
- LIN Guang-fa, FENG Xue-zhi, WANG Lei, et al. An event-centric object oriented spatio-temporal data model [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2002, 31(1): 71~76. [林广发, 冯学智, 王雷等. 以事件为核心的面向对象时空数据模型[J]. *测绘学报*, 2002, 31(1): 71~76.]
- CHEN Jun, JIANG Jie. An event-based approach to spatio-temporal data modeling in land subdivision system for spatio-temporal process of land subdivision [J]. *Geoinformatica*, 2000, 4(4): 387~402.
- Couclelis H. Aristotelian spatial dynamics in the age of geographic information systems [A]. In: *Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems* [C], New York Oxford: Oxford University Press, 1998: 109~118.
- Worboys M F. *GIS: A Computing Perspective* [M]. London: Taylor & Francis Publication Ltd., 1995.
- Raza A. *Object-Oriented Temporal GIS for Urban Applications* [M]. Netherlands, Enschede: ITC. Publication. 2001.
- Hornsby K, Egenhofer M J. Identity-based change: a foundation for spatio-temporal knowledge representation [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2000, 14(3): 207~224.