

导航电子地图增量更新方法研究

李连营^{1),2)} 李清泉²⁾ 赵卫锋²⁾ 许小兰³⁾

¹⁾(武汉大学资源与环境科学学院,武汉 430079) ²⁾(武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉 430079)

³⁾(武汉大学城市设计学院,武汉 430072)

摘 要 随着计算机技术、测绘科技的快速发展,汽车快速融入到人们生活当中,车载导航系统时下已经成为出行必备的工具之一。导航电子地图作为导航系统的重要基础,数据的现势性如何直接影响到导航的准确与否。纵观现在导航数据生产的方法和流程、现有管理导航电子地图的方式以及导航终端的数据更新途径,不难发现,现有导航电子地图数据更新方式仅仅依靠光盘或换卡的方式已经成为数据及时更新的瓶颈。鉴于此,本文从导航数据的增量更新应用需求出发,研究支持更新的导航数据模型、用于生成增量数据的不同版本导航数据变化检测方法,以及导航数据的动态更新方法,并为验证相应算法和流程而设计了实验系统。对于完善导航电子地图的生产、提高导航电子地图数据资源的利用效率、促进导航信息服务与应用、改善城市交通拥堵状况、促进城市智能交通系统健康发展提供理论和技术支持。

关键词 增量更新 动态更新 变化检测 车载导航 版本管理

中图法分类号: TP301.6 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2009)07-1238-07

Research on Incremental Updating Method of Navigable Electronic Maps

LI Lian-ying^{1),2)}, LI Qing-quan²⁾, ZHAO Wei-feng²⁾, XU Xiao-lan³⁾

¹⁾(School of Resource and Environment Science, Wuhan University, Wuhan 430079)

²⁾(State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079)

³⁾(School of Urban Design, Wuhan University, Wuhan 430072)

Abstract With the tremendous development of computer technology and Geoinformatics, more people are taking vehicle navigation system (VNS) as one of their travelling assistant tools when auto-dependant lifestyle has become more popular worldwide. Digital navigation map is fundamental part for VNS, so map data actuality will directly exert an influence on navigation accuracy. We find that data updating mode just depending on CD or intelligent memory card is a big bottleneck for data updating from present navigation map data production method and procedure, management mode and updating approach in navigation terminal. Therefore, this paper is based on on-demand dynamic data updating in vehicle navigation application and will study navigation data model with the support of updating, change detection approach for incremental navigation data between different data versions and dynamic data updating modest. An experiment system is designed to prove related algorithms and procedure. It will be an important innovative research for map production and efficient use in navigation industry, which can also extend navigation information services, mitigate urban congestion and provide technology for intelligent transportation system.

Keywords incremental updating, dynamic update, change detection, vehicle navigation, version management

基金项目: 国家创新团队基金(40721001); 博士点基金项目(20070486001); 湖北省自然科学基金项目(2007ABA138); 测绘遥感信息工程国家重点实验室专项科研经费及其开放基金项目(Wkl(07)0305); 武汉市科技计划项目(200810321144)

收稿日期: 2009-04-21; **改回日期**: 2009-04-28

第一作者简介: 李连营(1974 ~), 男, 讲师。2008年于武汉大学获地图制图学与地理信息工程专业博士。主要研究方向为导航数据更新、GIS系统工程。E-mail: lily@whu.edu.cn

1 引言

近几年,在国家产业化政策的支持下,中国卫星导航应用产业化进程逐渐加快,尤其是 GPS 车辆导航系统产业化速度惊人,几年前只有在广告宣传或豪华轿车中才能看到的车载导航终端,现在各式各样的导航仪随处可见!毋庸置疑,车辆导航系统在引导驾驶行为,保障交通安全;优化流量分配,缓解交通拥堵;减少出行焦虑,提高旅行质量;合理安排路线,节约资源消耗;降低交通公害,改善城市环境等方面显示出诱人的技术、经济和社会效益^[5]。然而,目前中国汽车 GPS 导航系统装车率不到 2%,拥有车载 GPS 导航设备的车辆不足 10 万辆,远远低于国外的平均水平。为什么会造成叫好不叫座的局面呢?原因是多方面的,但主要是导航数据更新问题。国内大多导航数据厂商一年更新两次,这对处于经济高速发展的中国而言,对于基础设施、道路建设日新月异的城市而言,对于导航数据有着准确、恰当的导引信息和丰富的 POI(point of interest)信息需求的用户而言,这样的更新频率很难令人满意。由此可见,作为车辆导航系统的基础和关键组成部分的导航电子地图的更新已经成为车载导航系统发展的瓶颈。

导航数据生产时间长、数据更新较慢,道路新建、改建、扩建等情况发生时,车辆使用的车载电子地图难以及时实现数据更新,严重影响了导航系统规划路径的正确性和合理性。鉴于此,导航数据生产公司从生产环节到更新环节一直都在努力解决数据更新问题,在更新方式上一般采用两种方式:一种是采用到指定地点换 DVD 光盘或重新拷贝的方法。用户通过购买新的地图数据光盘更换地图数据,或者对于以 CF 卡,SD 卡为存储媒介的用户,需要到指定的服务店重写地图数据。这是目前最主要导航数据更新方法,但该方法繁琐,且也难以适应城市快速发展的步伐;另外一种是通过 Internet 下载最新数据。用户连接到 Internet,根据有授权的 ID 直接在 Internet 下载整个地图数据,然而导航地图数据的容量较大,如北京四维图新 2008 年全国导航数据容量已经超过 8 G,这种数据更新方式的繁琐和工作效率可想而知。

解决导航数据更新的最好方式是增量更新,即每次只更新少量变化的数据到用户终端。日本导航

公司自 2001 年开始陆续推出可支持利用无线网络更新地图数据的导航软件和硬件,并于 2005 年 10 月 17 日 Increment-P 公司联合 5 个主要的导航系统开发商联合组建了 i-format forum,对外发布支持地图数据增量更新的新导航数据格式 i-format,并在每年召开论坛时对 i-format 增量更新进行展示。日立公司提出了导航地图更新的解决方案^[7];同时,ERTICO(欧洲智能交通协会)于 2002 年成立了 ActMAP(actual and dynamic map for transport telematic applications)项目协会。协会研究为移动终端、车辆导航、ADAS 系统提供实时电子地图数据和对其动态更新的解决方案。目前,ActMAP 将其研究成果提交给 ISO,寻求成为国际标准。2001 年关于“地理数据更新系统”已经申请专利^[9]。国家基础地理信息中心、武汉大学^[1-4]、中南大学^[10]、中国测绘科学研究院等均对地图数据更新进行了类似的研究。

虽然国内外对增量更新进行了大量的研究,但是支持动态更新的导航数据模型、标准尚不完善,获得更新增量的变化检测方法还有待研究,导航数据快速更新和维护方法亟待解决。因此,在当前国际国内导航环境下,如何基于成熟的数据模型构建导航数据母库,进而研究版本间的变化检测方法、获取增量数据,借助现有通信网络完成服务器端和车载导航终端的数据动态更新,显得非常必要。

2 增量更新数据生成与管理

导航电子地图数据的主要内容是以道路网为骨架的地理框架信息,叠加上社会经济信息以及交通信息。导航数据是一个综合的数据集,包括道路形状数据、背景数据、拓扑数据、POI(point of interest)数据和属性数据,以及它们之间的联系等。以道路网为重要组成部分的导航电子地图中,道路网的模型表达最为复杂,道路的变化直接影响到汽车导航、规划等功能正确使用,所以,本文研究的导航数据变化检测重点是对道路形状数据、道路属性数据与道路拓扑数据的变化与表达。

2.1 导航电子地图变化检测

导航电子地图变化类型分为几何变化、属性变化和拓扑变化三种类型,变化检测前需要对数据进行预处理,使不同版本间的 FeatureID(要素标

识号)相互统一,并且使数据格式相同、尺度相同^[1]。

2.1.1 变化检测定义

几何变化 $Ch_Geo()$ 集中体现在道路的形状变化上,具体可以通过点要素的变化来表达。具体可以细分为结点变化 $Ch_Geo(NaviNode)$ 和弧段变化 $Ch_Geo(NaviArc)$, $Ch_Geo(NaviNode)$ 表示前后两个版本的对应 $NaviNode$ (结点)发生了变化,即前后两个结点的坐标不一致; $Ch_Geo(NaviArc)$ 表示前后两个版本的对应 $NaviArc$ (弧段)发生了变化,即两个弧段间出现了长度、点数或点坐标的变化。

属性变化 $Ch_Att()$:表现在道路的各种属性信息的变化上,具体可以通过属性字段值的改变来表达。

拓扑变化 $Ch_Top()$:表现在点、线间的拓扑关系的变化上。因此,可以细分为结点拓扑变化 $Ch_Top(Node)$ 和弧段拓扑变化 $Ch_Top(Arc)$, $Ch_Top(Node)$ 表示前后两个版本的对应结点连接的弧段发生了变化; $Ch_Top(Arc)$ 表示前后两个版本的对应弧段的起止结点发生了变化。

2.1.2 变化检测方法

道路变化可以呈现为多种多样的表现形式,为了准确描述道路变化状态和检测方法,本文从变化的基本单元出发来定义各种变化。下面仅对导航数据的集合变化算法进行说明,属性变化和拓扑变化检测方法类似。

导航数据的几何变化基本可以分为结点变化、弧段变化和多边形变化 3 种形式。

定义 1 结点变化 $Ch_Geo(NaviNode)$:如果 T 时刻的结点和对应的 T' 时刻的结点位置发生了变化,即当 $T_NaviNode_ID = T'_NaviNode_ID$, 而 $T_NaviNode.x \neq T'_NaviNode.x$ 或 $T_NaviNode.y \neq T'_NaviNode.y$ 时,则 $Ch_Geo(NaviNode) = True$ 。

定义 2 弧段变化 $Ch_Geo(NaviArc)$:如果 T 时刻的弧段和对应的 T' 时刻的弧段位置或形状发生了变化,即当 $T_Arc_ID = T'_Arc_ID$, 而 $T_Arc_length \neq T'_Arc_length$ 或 $T_Arc_nPoints \neq T'_Arc_nPoints$ 或 $T_SNode \neq T'_SNode$ 或 $T_TNode \neq T'_TNode$ 或 $T_Point(i) \neq T'_Point(i)$ 时,则 $Ch_Geo(NaviArc) = True$ 。

定义 3 多边形变化 $Ch_Geo(NaviPoly)$:如果 T 时刻的多边形和对应的 T' 时刻的多边形位置或形

状发生了变化,即当 $T_Poly_ID = T'_Poly_ID$, 而 $T_Poly_area \neq T'_Poly_area$ 或 $T_Poly_nArcs \neq T'_Poly_nArcs$ 或 $T_ArcID(i) \neq T'_ArcID(i)$ 时,则 $Ch_Geo(NaviPoly) = True$ 。

导航数据的几何变化检测首先需要判断其要素特征,如果是点就用定义 1 来进行判断;如果是弧段就用定义 2 来进行判断;如果是多边形就用定义 3 来进行判断。

对线状要素的检测可以设计如图 1 所示的算法流程图。点和面的检测与此类似。

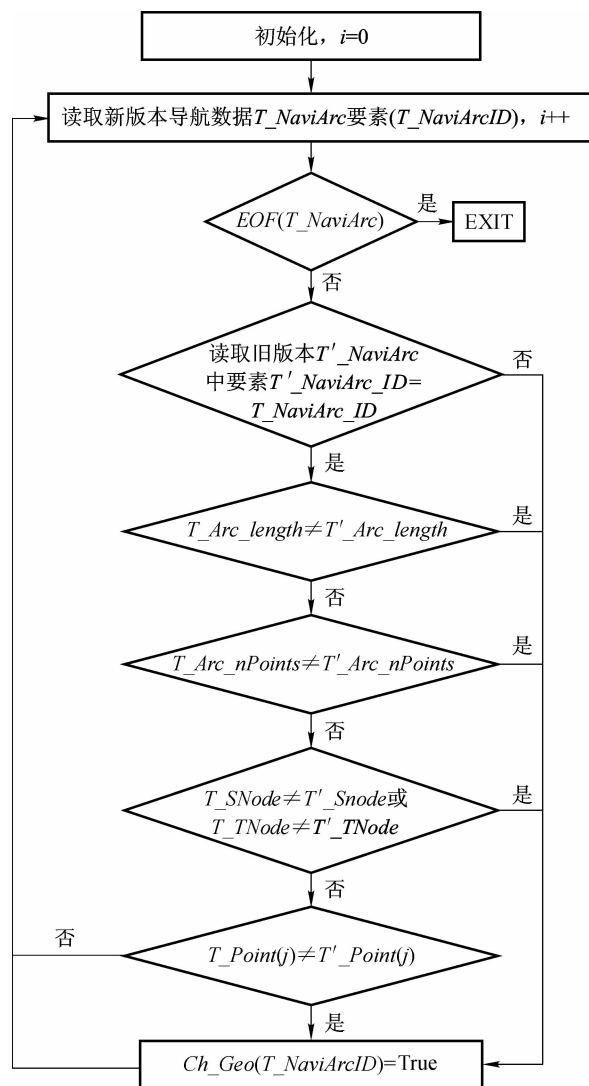


图 1 几何变化检测(线状)

Fig. 1 Geometric change detection (Polyline)

2.2 导航电子地图增量管理

目前,很多导航电子地图数据都采用“连续快照模型”通过数据库进行管理和维护,即每次更新

的数据就采用一个版本记录。连续快照模型在数据库中仅记录当前数据状态,数据更新后,旧数据变化值不再保留,即“忘记”过去的状态。连续的时间快照模型是将一系列时间片段快照保存起来,以反映整个空间特征的状态。由于快照将对未发生变化的所有特征重复进行存储,会产生大量的数据冗余,当事件变化频繁时,且数据量较大时,系统效率急剧下降。

版本增量管理方法不但解决了以“连续快照模型”存储的导航电子地图数据产生的大量冗余数据,而且版本之间的变化和联系也可以通过这些变化数据来体现。因此,如何对变化数据进行存储显得十分重要。

版本增量管理方法,就是在现有的各个版本的导航数据中添加最新的导航数据的增量数据,增量包括增加、删除和修改三部分,为了简单起见,可以把增量数据归为两部分即增加和删除,对于修改部分可以认定为先删除再增加的数据。

具体管理方法如图 2 所示。

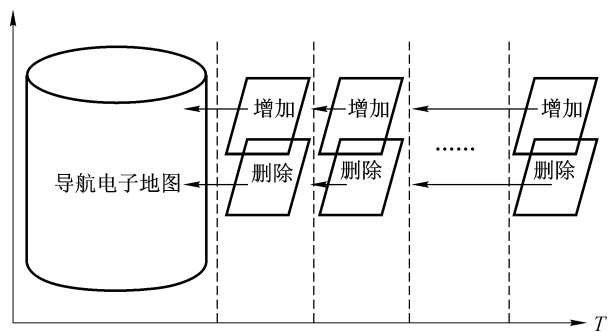


图 2 版本增量管理

Fig. 2 Versional increment data management

3 增量更新策略研究

3.1 支持增量更新的导航数据物理存储格式

车载终端采用二进制文件存储导航地图数据,导航数据由多个文件组成,每个文件对应一个内容,其中,几何相关数据文件和拓扑相关数据文件是导航数据的关键组成部分。采用这种电子地图数据物理存储格式(PSF)主要目的是,满足嵌入式系统应用快速精确和高效的要求。其显示数据存储方法的思想主要表现在:对地图数据在垂直方向上分层,用

类似 LOD(level of detail) 的模型存储;水平方向上采用规则矩形分块;同时还在分层、分块的数据中采用分级控制的方法。在显示数据中划分为多个 parcel(数据块),在规划数据中划分为多个 region(数据区域),并在各自管理框架中记录相应的 parcel 和 region 的更新时间戳。

导航数据文件由导航管理框架数据和导航地理要素数据两部分组成,导航软件通过管理框架数据实现对导航地理要素数据的访问。图 3 给出了显示数据的物理存储结构,并描绘了管理框架数据对导航地理要素数据的索引关系。

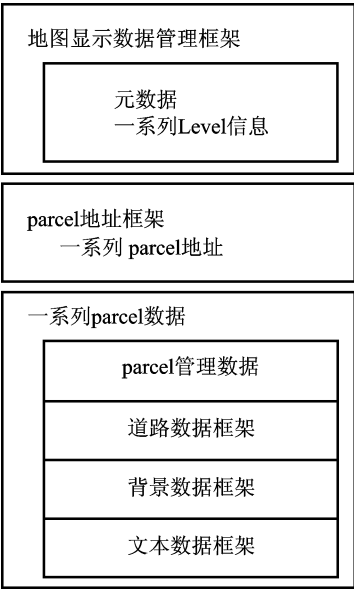


图 3 显示数据的物理存储结构

Fig. 3 Display data physical store format

考虑到更新块和原来磁盘分配空间的大小不一致,分配给一个 parcel 的空间中预留一部分可用空间,避免由于写入更新块文件而破坏了后面的 parcel 文件。预留的空间大小可以自己设定,这是一个经验值。当然,徐敬海提出了预留指针地址空间^[2],这种方法可以比较好地解决预留空间的问题,并且节约磁盘空间,但是带来的是数据管理复杂,尤其是多次更新后,需要磁盘空间整理。因此,本文提出预留空间和指针地址相结合的方法,即预留空间够用的话,直接替换,如果不够用,再使用指针地址指向写入的位置。如图 4 所示。

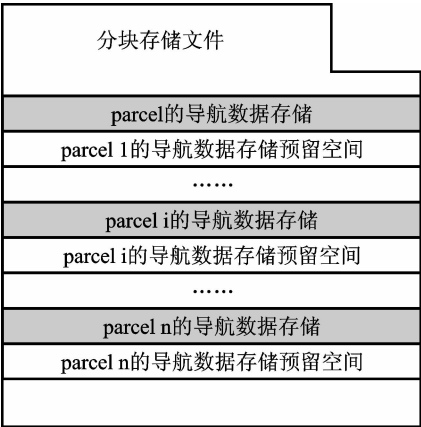


图 4 Parcel 后预留空间
Fig. 4 The remain space of parcel

3.2 分层分块更新流程

分层分块更新方法,就是在数据生产时,按照分层核分块的原则对导航电子地图数据进行分块(1 km × 1 km)和分层,这里的层不是常见的 Layer,而是 Level 的意思,系列版本导航电子地图的分层和分块是严格一致的,当车载导航终端的数据版本需要更新时,只要替换那些发生了变化的层对应的块。郗默洋和吕子平共同发表在《卫星与网络》杂志上的一篇题为“电子地图发布与管理模型”的文章^[6],他们提出的方法和本文方法类似,也是基于分层分块的思想,但是在他们提出的更新方法中只传递显示数据块,规划数据等均由显示数据重新生成。这种方法如果导航终端设备运算能力较强的话还可以,能够减少数据传输量,否则计算的时间可能会超过数据传输的时间,因此,本文采用的传输所有变化数据块,包括显示数据、规划数据、查询数据和导引数据。

3.2.1 更新显示数据

确定地图数据变化区域对显示数据当前层的哪些数据单元产生影响。更新之前,先要判断变化区域对规划数据和导引数据的影响范围,以保证该层显示数据的更新数据单元的覆盖范围大于其他数据模块的更新数据单元(规划数据、导引数据)的覆盖范围。变化区域影响到的显示数据的数据单元是地图数据的变化区域压盖的数据单元以及与这些数据单元相邻的、有道路经过两者的共有边界、且不在变换区域压盖范围之内的数据单元。变化区域影响到的规划数据的数据单元是变化区域压盖的数据单元以及这些数据单元内的

所有结点的相邻结点所在的数据单元,每个规划数据的数据单元相当于 4 个显示数据的数据单元。变化区域影响到的导引数据和交通信息位置参照数据的数据单元与其影响到的显示数据的数据单元是一样的。最后确定的受影响的数据单元形成的多边形必须是封闭多边形,否则需要补成封闭多边形。

接下来,对前面确定的受影响的数据单元依次进行路段组织成道路、建立各道路之间的拓扑联系、对背景数据进行分组、对文本数据进行分组等操作。

最后,用经处理后的这些数据单元替换原来的显示数据集中相应层的相应数据单元,完成数据的无缝拼接。由于未被替换的数据单元和新数据的相应数据单元都是一样的,因此不需要为它们重新进行诸如组织道路和建立道路间拓扑联系的操作。为地图变化区域压盖的数据单元增加一层“缓冲”的作用将发生变化的数据单元对未发生变化的数据单元的影响给过滤掉了。

3.2.2 更新规划数据集

按照数据转换生产规划数据的方法,将各层更新显示数据时处理过的显示数据更新数据单元“四合一”,并在合并后的规划数据的数据单元上进行提取结点表、路段表、路段花费表、上层结点表、结点坐标表和集成交叉点表。

依次处理完各数据单元以后,用这些数据单元替换原来的规划数据集中相应层中相应的数据单元。替换这些数据单元并不会对该层规划数据的完整性产生影响,因为发生变化的数据单元内所有结点的邻接结点所在的数据单元也被替换了,只要保证这些邻接结点所在的数据单元结点表的组织情况和被替换的数据单元的组织情况相同,则不会对其他数据单元产生影响。

3.2.3 更新导引数据集

利用底层显示数据和规划数据的各个更新数据单元的组织结果,在其基础上提取导引信息,即可以得到导引数据的各个更新数据单元。用这些更新数据单元替换原有数据集中的相应数据单元即可实现对导引数据集的更新。

由于导引数据各数据单元间的联系依赖于显示数据各数据单元间的联系,所以这种数据单元替换的方式也不会对已有其他数据单元产生影响。

整体更新流程如图 5 所示。

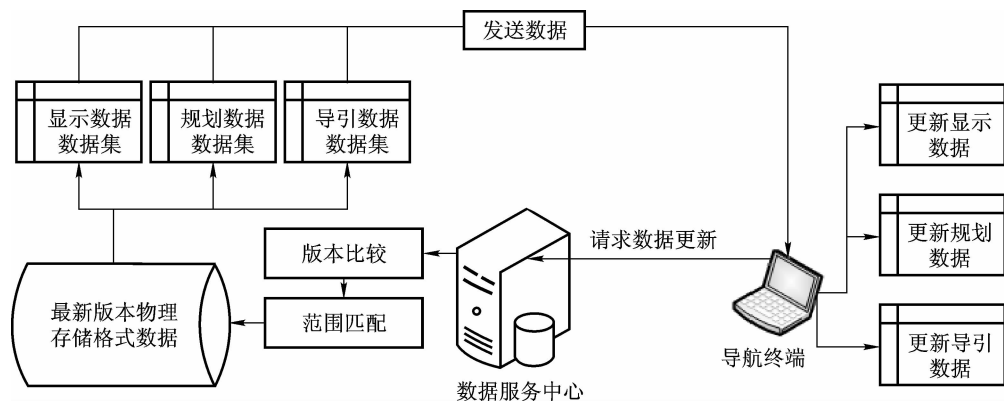


图 5 分块更新流程

Fig. 5 The process of parcel updating

4 增量更新实验

通过对变化数据的范围和最新版本匹配,计算出需要更新的二进制 parcel 文件,通过网络传输到车载导航终端,然后利用 MapUpdate. exe 地图更新程序把这些块文件更新到旧版本的导航数据中,导航终端对更新数据包进行接收、暂存,并基于“块”方式对原导航数据文件进行更新。经试验导航终端文件更新速度约为 1 M/s,文件更新的速度和机器性能以及存储卡有关;随着网络速度的加快和机器性能的提高,文件更新速度会进一步加快。

4.1 实验设计

实验机型为 ZY- 4301, 其硬件配置为 Intel PXA270 416 MHZ; 64 M 内存; WinCE 5.0 操作系统。

4.2 实验过程

基础文件包含 10 000 个数据包,每个数据包 32 k,文件头记录了每个数据包的地址和大小。更新文件中定义了若干个更新数据包,同样在文件头记录了每个数据包的地址和大小。更新过程中先读取更新文件,依次取出每个数据包中的数据,然后将更新数据包写入到基础文件。写入的过程中如果基础文件中数据包大于更新数据包,则直接用更新数据包覆盖基础数据包;否则,将更新数据包连同预留空间一起写入到文件尾,并修改文件头的 Parcel 地址的大小。

4.3 实验结果

分别更新 10、50、100、500、1 000 个数据包,各执行 3 次,更新花费的时间结果如表 1 所示,图 6 是其实验 10 次的结果折线图。

表 1 更新实验结果 (毫秒)

Tab. 1 The updating result (ms)

更新数据包 (个)	1	2	3
10	286	289	288
50	1 416	1 412	1 414
100	2 829	2 818	2 820
500	13 375	13 373	13 387
1 000	26 646	26 640	26 764

以下就是更新前后的对比图。

图 7 是武汉职业技术学院附近 2005 年的导航数据图。

图 8 是进行了更新后的导航电子地图。

实验结果证明,以“块”文件的方式进行导航数据的更新服务模式是可行的,在小范围更新中非常高效。不过,仍然有一定的局限性,如果一次更新很多块的话,和整体更新的数据量差不多,更新时间较长,倘若更新更大范围(如全国)数据的话,虽然本方法仍然可行,但花费的时间会比较长,因此,本方法在实际应用中还有待进一步优化。若想彻底解决导航数据更新问题,还需借助移动数据库技术的不断发展、进步。



图 6 更新结果 (ms)

Fig. 6 The updating result (ms)



图 7 导航电子地图数据(2005 版本)

Fig. 7 Navigable electronic map data (2005)



图 8 更新后导航电子地图数据

Fig. 8 Updated navigable electronic map data

5 结 论

导航电子地图作为导航系统的重要基础,数据的现势性如何直接影响到导航的准确与否。纵观现在导航数据生产的方法和流程、现有管理导航电子地图的方式以及导航终端的数据更新途径,不难发

现,现有导航电子地图数据更新方式仅仅依靠光盘或换卡的方式已经成为数据及时更新的瓶颈。鉴于此,本文研究并提出了导航终端更新的服务模式和基于分块的增量更新方法,研究了版本间生成增量必须要做的变化检测方法,并为验证相应算法和流程而设计了实验系统,从技术路线上详细描述了增量更新的实现流程,实验结果表明正确可行。但是,由于受到数据生产、网络环境等因素的影响,要想真正实用还有许多工作有待研究。

参考文献 (References)

- 1 Li Lian-ying. Change Detection and Updating for Navigation Electronic Map Data[D]. Wuhan: Wuhan University, 2008. [李连营. 导航电子地图的变化检测与数据更新[D]. 武汉:武汉大学,2008.]
- 2 Xu Jing-hai. Research of Dynamic Updating Model and Method on Navigable Electronic Map Data[D]. Wuhan: Wuhan University, 2006. [徐敬海. 面向动态更新的导航电子地图数据模型与方法研究. 武汉:武汉大学,2006.]
- 3 Song Ying. Key technology research of dynamic update on navigable digital map[J]. Computer Systems & Applications, 2008, 17(5): 69-72. [宋莺. 导航电子地图动态更新核心技术研究[J]. 计算机系统应用, 2008, 17(5): 69-72.]
- 4 Xu Jing-hai, Li Qing-quan. Navigable digital map data increment update based on temporal GIS[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2008, 33(11): 1182-1185. [徐敬海, 李清泉. 基于时态 GIS 的导航电子地图增量更新研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2008, 33(11): 1182-1185.]
- 5 Wang Nian-hong. Research on Vehicle Navigation System Based on Wireless Mesh Networks[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2007. [汪念鸿. 基于无线 Mesh 网的车辆导航系统研究[D]. 北京:北京交通大学,2007.]
- 6 Xi Mo-yang, Lü Zi-ping. Electronic map release and management model[J]. Satellite & Network, 2007, (11): 48-50. [郝默洋, 吕子平. 电子地图发布与管理模型[J]. 卫星与网络, 2007, (11): 48-50.]
- 7 Chen Jun, Li Zhi-lin, Jiang Jie, et al. Key issues of continuous updating of geo-spatial databases[J]. Geomatics World, 2004, 2(5): 1-5. [陈军, 李志林, 蒋捷等. 基础地理数据库的持续更新问题[J]. 地理信息世界, 2004, 2(5): 1-5.]
- 8 Hitachi. Map update service/solution [EB/OL]. <http://www.hitachi.co.jp/Div/apd/en/products/cis/02.html>, 2009-04-01.
- 9 McGrath Timothy, Jasper John, Herbst James. Update System and Method for Geographic Databases[P]. US Patent: 6317753, 2001-11-13.
- 10 Zhou Xiao-guang, Chen Jun, Zhu Jian-jun, et al. Event based incremental updating of spatio-temporal database[J]. Journal of Image and Graphics, 2006, 11(10): 1431-1438. [周晓光, 陈军, 朱建军等. 基于事件的时空数据库增量更新[J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(10): 1431-1438.]