

基于邻近的移动地图自适应可视化方法

闫超德¹ 赵仁亮² 陈 军² 赵学胜¹

(1 中国矿业大学(北京)资源学院, 北京市海淀区学院路丁 11 号, 100083)

(2 国家基础地理信息中心, 北京市紫竹院百胜村 1 号, 100044)

摘要: 提出了基于邻近的移动地图自适应可视化方法, 其基本原理是将邻近关系作为地图比例尺调节和地图更新的依据, 并通过实验系统证明了该方法的可行性与有效性。

关键词: 移动地图; 邻近关系; 自适应可视化; 自适应比例尺

中图法分类号: P208

1 移动地图的可视化问题

移动地图是指通过移动信息设备制作的地图或类似的地理信息可视化产品^[1], 它集移动定位、移动计算、移动通信、多媒体等技术于一体, 已经成为一种新的地图应用模式。与桌面电子地图相比, 移动地图的载体、用户群体以及应用环境都发生了变化, 移动地图的阅读变得更加困难, 可视化问题变得更加突出^[2-4]。

针对移动地图的可视化问题, 一些学者从不同角度进行了研究。Reichenbacher 研究了移动地图的自适应可视化理论框架^[4]; Harrie 等人针对小屏幕可视化提出了变化比例尺模型^[5]; Zipf 等人提出了焦点地图模型^[6]; Frank 等人提出了基于容忍区域的移动地图表达与动态更新^[7]; Gartner 提出基于活动地标(Active Landmarks)的移动地图可视化方法^[8]。王洪等人研究了电子地图可视化中的自适应策略^[9]; Wang 等人研究了自适应地理信息可视化的主要技术、组件以及自适应界面的设计^[10]。

这些研究对改善地理信息的可视化效果都起到了积极的作用, 但在移动地图中依然存在信息负载失衡、符号碎片以及地图内容更新频率不合理等问题。本文提出了一种基于邻近的移动地图自适应可视化方法。该方法通过移动目标的邻近关系建立比例尺自适应机制, 并将邻近关系作为

移动地图内容更新的依据, 实现信息负载的相对均衡, 保证邻近地理信息符号的完整, 实现更新频率的自动调节。

2 基于邻近的移动地图自适应方法

2.1 移动地图的邻近关系

邻近关系是空间信息科学的一种重要关系, 是拓扑关系的重要组成部分, 甚至被认为是空间信息系统不可或缺的内容。邻近关系中不仅包含空间实体之间的度量关系, 同时也反映空间实体之间的拓扑关系, 是度量关系与拓扑关系的统一^[11,12]。目前, 邻近关系的定义主要有以下三种: 基于几何的方法; 基于拓扑的方法; 基于 Voronoi 势力范围的方法^[12]。本研究中采用第 3 种定义, 即邻近关系是指具有公共 Voronoi 边的空间目标之间的关系。

在移动地图中存在以下 3 种邻近关系。

1) 地理对象之间的静态邻近关系, 如图 1 中的 a 和 b 、 d 及 e 之间的关系。

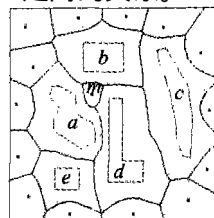


图 1 移动地图中的邻近关系示意图

Fig. 1 Illustration of Neighborhoods on Mobile Map

2) 移动目标与地理对象之间的动态邻近关系,如图 2 中移动目标 m 与 a 、 b 、 d 之间的关系。在现实世界中,这种动态邻近关系大量存在,如游客与周围景点之间的邻近,司机与附近加油站的邻近等。

3) 移动目标之间的动态邻近关系,如两辆邻近的出租车。

2.2 方法介绍

2.2.1 原理及方法

在移动地图中,邻近关系不仅可以反映移动用户与周围地理实体在空间上的邻近,而且也能够反映周围地理对象在空间分布上的密度。邻近关系的变化可以较全面地反映移动目标与周围地理实体之间度量及拓扑关系的变化,是移动目标、现实世界及移动地图三方交互的基础。在移动地图的可视化过程中,通过邻近关系选择并表达地理对象,可以优先保证邻近地理信息符号的相对完整;通过自适应比例尺可以保证图幅间信息负载的相对均衡;针对不同的应用专题,还可将邻近地理对象设置成前景焦点(增加亮度等),而将其他地理对象作为背景;通过侦测移动目标与周围地理对象之间邻近关系的变化对移动地图的内容进行更新,可以避免无效更新。其具体方法如下。

首先,将同一图层或融合图层(由几个图层融合而成的一个特殊图层)中地理对象之间的邻近关系预先计算并存储于数据库中。在移动环境中,移动用户根据兴趣或任务选择兴趣图层(如旅游景点图层),当位置事件(移动目标的位置发生变化)发生后,在兴趣图层中计算出移动目标当前时刻 t 的邻近目标集合 O ,并与上一历史时刻 t' 的邻近目标集合 O' 对照。如果 $O=O'$,则说明邻近关系没有改变,地图内容无须更新;如果 $O \neq O'$,则说明邻近关系已经改变,执行更新。更新时首先计算集合 O 中邻近地理目标所对应的 MBR,然后根据当前显示设备的屏幕参数计算合理的比例尺。这样,既可保证邻近地理目标近似位于屏幕中央,又占据合理的显示空间;最后输出以邻近地理目标为中心区域、以屏幕有效范围内其他地理目标为背景的移动地图。如果采用 C/S 结构,通过代理可以合理配置两端的计算资源。

当移动目标进入面对象时,邻近关系将被包含关系取代。而当移动目标到达或接近点、线地理对象时会产生以下两个问题:移动目标在屏幕上的位置严重偏离中心;更新过于敏感(因为这时邻近关系极不稳定,对距离的变化极为敏感)。为了避免这两个问题的发生,可采用如下规定:

规定 1 将地理实体抽象为点、线及面 3 种对象,并为点、线对象设置缓冲区域。

规定 2 当移动目标位于缓冲区域或面对象外部时,移动目标 P_m 所对应的一阶邻近对象集为:

$$N_1(P_m) = \{P_j \mid vd(P_j, P_m) = 1\}$$

式中, $vd(P_j, P_m)$ 为 Voronoi 距离函数, Voronoi 距离类似于棋盘距离,当两个目标的 Voronoi 区域直接邻接时距离为 1,其余依此类推^[12]; $P_j \in O^T$, O^T 表示全体地理对象集合。

规定 3 当移动目标位于缓冲区域及面对象内部时,移动目标 P_m 此时的一阶邻近对象集为:

$$N_1(P_m) = \{P_j \mid vd(P_j, P_o) = 1\}$$

式中, P_o 表示包含移动目标 P_m 的地理对象(点、线对象取缓冲区), $P_o \in O^T$ 。

2.2.2 算法描述

基于邻近的移动地图可视化与更新自适应是一个复杂的机制,其中包括邻近关系的计算、邻近地理对象的选择、更新判断、自适应比例尺确定、以邻近地理对象为焦点的可视化表达等密切相关的 5 个阶段。其实现算法具体描述如下。

输入 移动目标在时刻 t 的位置 p 及地理目标集 O^T

输出 移动目标在 p 位置的邻近自适应移动地图

- 1) 输入移动用户在当前时刻 t 的位置数据;
- 2) 根据规则计算并提取移动目标在 t 时刻的邻近目标集 O ;
- 3) 将 O 与上一历史时刻所对应的邻近目标集 O' 对比,如果 $O=O'$,则返回步骤 1) 等待下一位置事件;
- 4) 计算 O 所对应的 MBR;
- 5) 根据 MBR 和显示器参数计算自适应比例尺;
- 6) 根据自适应比例尺,将 O 中地理对象设置为焦点区域,而将其他地理对象设置为背景;执行 $O'=O$;返回步骤 1) 等待下一位置事件。

2.3 实验及分析

为了验证本文前面所建立的模型及算法,在 Windows 98 环境下采用 Visual Basic 6.0+ Map-Info 6.0+ MapX 4.0+ Access 2000 作为开发工具,利用某旅游景区作为实验区域,建立了仿真实验系统。首先,通过自编程序计算景点融合图层(含点、面对象,由两个图层构成)中景点之间的静态邻近关系,并将其保存在 Access 数据库中。移动目标的移动轨迹既可以通过 MapInfo 事先绘

制,亦可通过鼠标在地图上动态采集。实验过程中可以动态调整移动目标的速度及显示地图图层。其实验系统界面如图2所示。

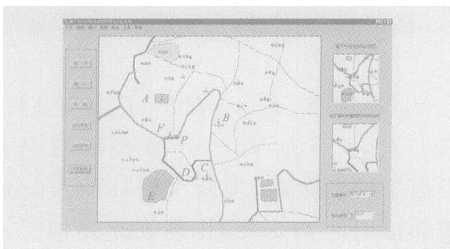


图2 实验系统界面图

Fig. 2 Map of Test System

图2中,移动目标在位置P有6个邻近对象,分别是A、B、C、D、E和F。图3(b)是基于邻近的自适应移动地图(从实验系统右上小窗口中截取),图3(a)是对应的基于邻近关系的移动地图(从右下小窗口截取)。显然,图3(b)的比例尺较为适中,用户不需额外的操作(或较少),如缩放、平移,即可阅读移动地图;但图3(a)图幅中存在符号碎片(如下部的水池与上部的停车场),用户阅读时不得不手动调整比例尺以达到较好的阅读状态。图3(b)~3(d)是3幅不同位置、基于邻近的移动地图可视化结果,显然图幅之间的信息负载较为平衡,地理信息的完整性与可读性明显得到改善。

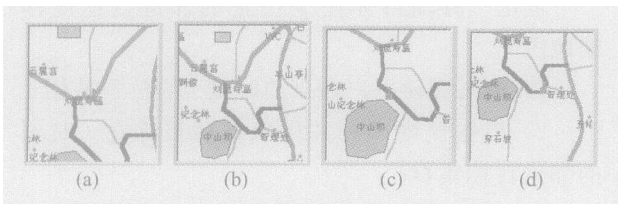


图3 可视化效果对比

Fig. 3 Comparison of Geovisualization

在仿真系统上,模拟一游客沿一游览线路观光,沿移动线路等时采样移动目标的位置,分别统计基于位置的地图更新次数和基于邻近的地图更新次数。实验共进行5次(每次变换采样频率),两种更新方法的更新次数统计结果如图4所示。

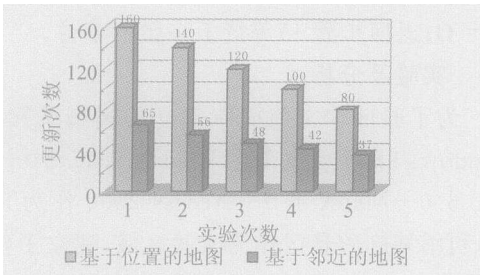


图4 两种更新方法的更新次数对比图

Fig. 4 Histogram of Comparison Between Two Updating Methods

图5是基于邻近的更新频率与地理要素密度之间的对照图。通过实验可以看出,在保证移动地图同步的同时,基于邻近的更新方法更新次数显著减少且更新更为合理。在密集区域,更新频率自动加快,而在稀疏区域,更新频率自动变慢。实验结果表明,基于邻近的移动地图可视化方法较好地解决了前述的3个问题,达到了预期的目的。

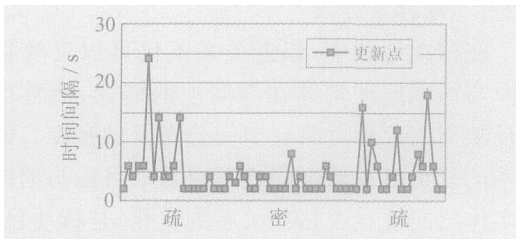


图5 更新频率与地理要素密度之间的对照图

Fig. 5 Updating Frequency and Corresponding Distribution of Geographic Objects

3 结 语

移动地图作为一种特殊的电子地图应用模式,具有高度的动态性、交互性和可读性,不能照搬桌面地图的制图与应用模式。要使移动地图在移动环境中易读易用,必须解决可视化过程中的信息负载失衡、信息不完整以及更新不合理等问题。邻近关系是度量关系与拓扑关系的统一,通过邻近关系提取邻近的地理信息,可以优先保证邻近地理对象的符号完整;借助于比例尺的自适应,可以保证移动地图信息负载的相对均衡;基于邻近的移动地图更新既可以避免无效更新,又能够保持地图上内容与实地视觉空间内容的高度一致,较好地解决了移动地图的更新不合理问题。

基于邻近的方法可以广泛应用于位置服务(location based services, LBS)及其相关领域的地理信息可视化过程中,如基于PDA与智能手机的智能旅游向导地图、车辆导航地图、设备管理、可视化跟踪、物流管理、安全保卫等。同时,该方法尚需进一步研究,解决其与地图综合及LoD技术的结合;还需要通过用户现场测试对比分析其认知效率和用户满意程度。

参 考 文 献

- [1] Reichenbacher T. Adaptive Methods for Mobile Cartography [C]. The 21st International Cartographic Conference (ICC), Durban, 2003
- [2] Winter S, Tomko M. Shifting the Focus in Mobile

- Maps[C]. ICA UPIMap, Tokyo, 2004
- [3] Meng Liqiu. Egocentric Design of Map-based Mobile Services[J]. The Cartographic Journal, 2005, 42(1): 5-13
- [4] Reichenbacher T. Mobile Cartography Adaptive Visualization of Geographic Information on Mobile Devices [D]. Munich: Technical University of Munich, 2003
- [5] Harrie L, Sarjakoski L T, Lehto L. A Variable-scale Map for Small-display Cartography [C]. ISPRS Symposium on Geospatial Theory, Processing, and Applications, Ottawa, Canada, 2002
- [6] Zipf A, Richter K F. Using Focus Maps to Ease Map Reading[J]. Kunstliche Intelligenz, 2002(4): 35-37
- [7] Frank C, Caduff D, Wuersch M. From GIS to LBS: An Intelligent Mobile GIS [C]. GIS Days 2004, Muenster, Germany, 2004
- [8] Gartner G. Location-Based Mobile Pedestrian Navigation Services—the Role of Multimedia Cartography [C]. ICA UPIMap2004, Tokyo, 2004
- [9] 王洪, 艾廷华, 祝国瑞. 电子地图可视化中的自适应策略[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2004, 29(6): 525-528
- [10] Wang Yingjie, Liu Yue, Chen Xiaogang, et al. Adaptive Geovisualization: an Approach Towards the Design of Intelligent[J]. Geovisualization Systems, Journal of Geographical Sciences, 2001, 11(Supplement): 1-8
- [11] Gold C M. Spatial adjacency—A General Approach [J]. Auto-carto, 1989, (9): 298-311
- [12] Chen Jun, Zhao Renlang, Li Zhilin. Voronoi-based K-order Neighbor Relations for Spatial Analysis[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2004, 59: 60-72
- [13] 陈军. Voronoi 动态空间数据模型[M]. 北京: 测绘出版社, 2002

第一作者简介: 闫超德, 博士生。主要研究方向为 LBS、空间信息可视化等。

E-mail: lbs_study@sina.com

Neighborhood-Based Adaptive Geovisualization on Mobile Map

YAN Chaode¹ ZHAO Renliang² CHEN Jun² ZHAO Xuesheng¹

(1 School of Resource, China University of Mining and Technology(Beijing), D 11 Xueyuan Road, Haidian District, Beijing 100083, China)

(2 National Geomatics Center of China, 1 Baishengcun, Zizhuyuan, Beijing 100044, China)

Abstract: Three main visualization issues of present mobile maps are discussed, i. e. geoinformation unbalance between sheets, symbol fragments and unreasonable updating frequency. Then an adaptive geovisualization method is proposed, which selects geo-objects, calculates adaptive scale, and updates map based on neighborhoods. Experiment result proves this method is feasible and valid to overcome three problems mentioned above.

Key words: mobile map; neighborhood; adaptive geovisualization; adaptive scale

About the first author: YAN Chaode, Ph. D candidate, majors in location-based services and geovisualization.
E-mail: lbs_study@sina.com

本刊 2005 年引证情况公布

【本刊讯】 据《中国学术期刊综合引证年度报告(2006)》数据, 本刊 2005 年总被引频次 1 123, 影响因子 0. 848, 其中 5 年影响因子为 1. 047, Web 即年下载率为 26. 9。

又据中国科技信息研究所《中国期刊引证报告(2006 年版)》数据, 本刊 2005 年总被引频次 1 099, 影响因子 0. 795。