

基于无线网络 GIS 自适应传输模型研究

彭 溢, 孟令奎, 林承达

PENG Yi, MENG Ling-kui, LIN Cheng-da

武汉大学 遥感信息工程学院, 武汉 430079

School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China

E-mail: nacoo@163.com

PENG Yi, MENG Ling-kui, LIN Cheng-da. Research on wireless network based GIS self-adaptation transfer model. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(26): 5-7.

Abstract: The technology of GIS spatial data transferring and storage is experiencing the development from wired network to wireless network at present. Towards the deficiency of low bandwidth, frequent disconnection and finite resource under the wireless condition, this paper introduces wireless environment based GIS self-adaptation transfer model, analyzes self-adaptation transfer characters, and designs optimization principle for it which preserves the desired spatial update efficiency. The examination results prove the proposed mechanism is feasible and efficient.

Key words: wireless network; GIS; spatial data; self-adaptation transfer

摘 要: GIS 空间数据传输与存储技术正在经历从有线到无线的发展过程。针对无线网络环境下存在的网络带宽不高、频繁断接、资源有限等不足带来的 GIS 空间数据传输效率降低问题, 论述了无线网络环境下空间信息数据传输的具体方法, 根据无线 GIS 技术特点, 通过分析自适应理论和无线传输特征模型, 设计了基于无线网络的自适应空间数据传输模型, 探讨了自适应传输的最优化原则, 并通过具体试验验证了该方法的可行性和有效性。

关键词: 无线网络; GIS; 空间数据; 自适应传输

文章编号: 1002-8331(2007)26-0005-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP393

由于计算机网络技术的飞速发展和无线通信技术的广泛应用, 无线化和移动性成为地理信息系统(GIS)的重要发展方向^[1]。无线化使得 GIS 的应用不再拘泥于有线的、局域的网络条件, 在当前各种无线和移动终端大量进入人们生活的时候, 解决了无线设备获取地理信息, 应用空间服务的难题^[2]。其中 GIS 无线通讯网络的结合就是一个重要的应用基础。本文通过研究无线 GIS 技术, 分析无线自适应传输的特征, 设计无线自适应传输模型, 解决 GIS 海量空间数据无线化传输的问题。

1 无线 GIS 技术

随着无线通讯技术、宽带无线服务和地理空间信息科学的飞速发展, 基于移动计算和无线网络的 GIS 成为空间信息科学领域的重要组成部分^[3]。无线 GIS (Wireless GIS, WGIS) 是空间信息技术与无线通信技术相结合的产物, 指的是在移动计算环境下, 采用无线通信方式获取、传输、处理、存储、分析地理空间信息和数据的软硬件系统。根据无线网络的应用分类, 无线 GIS 包括无线空间信息技术与无线空间信息服务两个方面, 无线空间信息技术是 WGIS 的基础, 它为 WGIS 提供了支撑网络 and 关键技术; 无线空间信息服务为 WGIS 提供应用接口和行业支持。

无线空间信息技术包括的网络类型非常广泛, 在无线通信环境中, 通常根据通信网络的范围可以分为广域网、城域网和局域网三类^[4]。基于广域网的 GIS 主要依靠现有的无线蜂窝数字通信网络和卫星通信网络, 移动 GIS 和 GPS 定位技术就是典型的利用这类通信网络技术与空间信息技术结合的应用; 基于无线城域网(WMAN)的 GIS 技术是近年来最新的技术, 它采用 IEEE802.16 标准的 WiMax 技术作为支持; 而基于无线局域网(WLAN)的 GIS, 则主要采用红外线和无线电波实现连接, 这也是本文无线 GIS 的主要研究领域。

无线空间信息服务是为用户提供智能化信息发布、个性化信息处理、多样化信息来源、动态化信息管理的应用服务, 它也为普通的用户、公司、企业提供了应用空间信息和方便接收地理信息的途径^[5]。通常处于移动中的无线用户迫切想知道其所处环境的信息, 比如“我在哪儿”、“我附近是什么”、“我怎么能快速到达目的地”、“我要找的人现在何处”等。如何提供这类服务, 是无线空间信息服务需要回答的问题, 于是基于位置的服务(Location Based Service, LBS)和移动位置服务(Mobile Location Service, MLS)应运而生。无线空间信息服务定义了空间信息应用的蓝图, 即当用户与现实世界的一个模型交互时, 在不同时间、不同地点, 该模型会动态地向不同的用户按需提供

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)(the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2005AA113150); 湖北省自然科学基金(the Natural Science Foundation of Hubei Province of China under Grant No.2004ABA013)。

作者简介: 彭溢(1979-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为地理信息系统、无线网络、移动 Agent。

具有个性化、智能化、多样化的空间移动服务。

无线 GIS 的目的在于为移动和无线的 GIS 提供空间信息的应用和扩展,优化空间信息服务质量,为地理空间科学提供一种新的应用途径和处理方法。无线 GIS 使 GIS 用户摆脱了线缆架设范围有限的束缚,并在技术上几乎保留了传统有线网络技术和网络 GIS(WebGIS)的所有功能。同时,无线网络既可以满足各种台式机、便携机的入网要求,也可作为传统有线局域网的补充手段。利用无线电波作为传输介质的无线 GIS,具有移动性好、使用方便、架设与维护便利等优点^[6]。其中,支持移动计算是无线网络与有线网络的最大区别,并且无线网络可以弥补有线网络的不足,达到宽带网络无限延伸的效果^[7]。

2 空间数据自适应传输

对于无线用户来说,他们并不关心 GIS 平台的内部机制(如数据的组织和物理存储、空间数据的索引等),在他们使用过程中所关心的只是如何在无线状态下获取完整的地理空间信息,并对这些信息进行有效的管理、维护和再现,并且更方便、更有效地获得这些信息的服务^[8]。无线网络环境特有的传输速率有限、信号强度不稳定等不足会阻碍用户信息的获取,特定情况下还会引起网络堵塞,带来数据冗余或丢失。构建无线地理信息系统模型就是对特定地理现象的空间抽象和描述,表达现实世界中空间对象的实际状态。而模型构建的目的是为了便于人们理解无线 GIS,并服务于特定的无线 GIS 用户群体对地理现象的管理、分析、查询和再现等要求。

由于无线网络的传输速率和信号强度不稳定,移动设备存储空间有限,当网络信号不佳或网络带宽由于环境影响发生改变时,会影响整个系统的传输效率^[9]。如信号较差,网络带宽较小时,空间数据临时传输数据量又比较大时,则容易造成数据的丢失或网络的拥塞,同理,若无线网络带宽良好,系统传输的数据量又比较小时,则浪费了有限的网络带宽,造成了不必要的延时和网络资源的浪费,从而影响整个系统的性能。为了保证用户获取的空间信息资源有效性和请求服务质量的最大化,必须针对网络信号质量和请求服务来合理分配网络资源和存储资源。设计空间对象的最佳传输方式,改进无线网络传输技术,采用自适应策略是解决无线网络空间数据传输的主要手段之一。

3 无线自适应传输模型

3.1 无线传输特征模型

对于每个结构化的无线网络,都由无线访问点(AP)、无线工作站(STA)以及分布式系统(DSS)构成,覆盖的区域分为基本服务区(BSS)和扩展服务区(ESS)。无线工作站通过无线接入点 AP 来代理数据的传输和接收,每个 AP 在其服务区内执行上行(uplink,从移动用户向 AP 发送数据)和下行(downlink,从 AP 向移动用户发送数据)的链路。邻接服务区的数据是在不同的逻辑信道中传送的,并且,在服务区内每个移动用户都能和 AP 进行通信,但并不需要移动用户在彼此范围内。无线网络模型的主要特征见表 1 所示。

从无线网络传输特征可以看到,如何适应 GIS 的海量空间数据传输,并保持空间数据的拓扑性,以及提供最佳的网络服务,提高调度获取效率是自适应传输模型需要解决的问题。

表 1 无线网络传输模型的主要特征表

序号	无线信道通信模型特征	附注
1	网络容量是动态变化的	获得的带宽不稳定
2	无线网络是位置相关的	同一服务区所有移动用户和接入点共享同一网络
3	多路用户间存在信道争用的问题	带宽有限,受信息重要度和访问频率影响
4	无线网络的状态动态性强	无法知道用户争用信道传输数据
5	上行和下行的网络状态	无线调度和请求服务非常重要

3.2 自适应传输模型

自适应无线网络传输模型设计和优化是提高无线 GIS 业务性能的一个重要的手段。自适应传输在减少网络流量、减轻服务器负载、缩短访问空间数据文件的时间方面具有显著的作用。由于无线网络的传输速率限制,为了进一步加强网络传输效率,提高空间信息的服务质量,以便提高信息访问率并减少网络费用开销是优化传输模型的主要任务之一。

定义 给定 n 个空间对象的集合,记为 $U=\{1,2,3,\dots,n\}$,每个空间数据对象 i 的大小为 b_i ,且 $b_i \geq 0$,信息热度(即权重、重要度)为 c_i (≥ 0),网络中存在无线节点 $V=\{1,2,3,\dots,m\}$,每个无线网络节点无线网卡的即时信号质量为 T_i , T_0 为信号最强时的状态, $\rho=\{\varphi_1,\varphi_2,\varphi_3,\dots,\varphi_m\}$ 是在网络节点 T_i 上所有空间对象传输先后顺序的序列。空间对象自适应传输问题的模型为满足下列 3 个条件的自适应状态空间序列 $\{S_k\}$, $k=1,2,3,\dots,n$:

$$(1) \text{总传输费用 } W(\{S_k\}, \rho, T_i) = \sum_{k=1}^n \delta_k b_i c_i \text{ 最小, 其中}$$

$$\delta_i = \begin{cases} 0 & \varphi_i \in S_{i-1} \\ 1 & \varphi_i \notin S_{i-1} \end{cases}$$

即总传输费用与传输文件大小,以及信息优先级和无线信号质量有关。

$$(2) \text{对所有的 } i=1,2,3,\dots,m, \text{ 有:}$$

$$T_i = \begin{cases} (T_0, T_i) & \varphi_i \in S_{i-1} \\ 0 & \varphi_i \notin S_{i-1} \end{cases}$$

$$(3) \sum_{j \in \varphi_i} S_j \leq S_0, i=0,1,2,\dots,m.$$

由以上的自适应传输定义可以看出,自适应空间数据的传输问题就是解决有关传输费用的最小化,为了分析无线网络的自适应性,假设无线网络环境中传输的空间数据是预先知道的,可以推导出自适应空间信息传输应该满足下面的最优化原则:

最优化原则:给定空间对象的集合 n ,记为 $U=\{1,2,3,\dots,n\}$,每个空间数据对象 i 的大小为 b_i ,且 $b_i \geq 0$,信息热度为 c_i (≥ 0),网络中存在无线节点 $V=\{1,2,3,\dots,m\}$,每个无线网络节点的信号质量为 T_i , T_0 为信号最强时的状态, $\rho=\{\varphi_1,\varphi_2,\varphi_3,\dots,\varphi_m\}$ 是在网络节点上 m 个对象传输先后顺序的序列,其中 $S_0 S_1 S_2 \dots S_m$ 是空间对象传输最佳优先状态序列。假定对于某个 $i \in 1,2,\dots,m$,有某一个空间对象 B ,存在 B 的传输顺序为 $S_i=B$,那么所有从 S_0 出发,满足请求序列 $\rho=\psi_1,\psi_2,\psi_3,\dots,\psi_m$,然后在 T_i 节点信号质量为 t 的所有状态序列中,状态序列 $S_0 S_1 S_2 \dots B$ 产生的费用最少。同样从 B 出发,满足请求序列 $\rho=\varphi_1,\varphi_2,\varphi_3,\dots,\varphi_m$ 的所有状态序列中,序列 $B, S_{i+1} S_{i+2} \dots S_m$ 产生的费用最少。

通过自适应传输的最优化原则可以知道,无线网络自适应传输问题是所有空间数据对于不同无线节点的传输请求时,当

网络信号质量不同的时候, 采用不同的传输顺序以满足总传输费用最小化。

4 试验和评估

4.1 试验环境

为了验证无线 GIS 空间信息自适应传输模型和传输最优原则的有效性, 研究中通过模拟试验来验证无线网络环境下空间信息自适应传输模型和方法的性能。试验的目的是分析和比较自适应空间数据传输模型的效率。传输性能的比较需要通过大量的试验数据和结果来进行, 主要是反复在不同的无线网络环境下进行数据的传输, 获取代理服务器上的数据访问信息文件, 其中主要分析对象的访问时间、访问时间间隔和数据对象大小, 并通过大量访问信息记录的比较, 得到综合的试验信息结果。

试验的过程模拟普通的无线网络传输过程, 假设试验中采用的是同一类型空间信息服务, 节点需要访问的数据对象都是相同的。当无线节点的网络信号质量不同时, 检查代理服务器中的对象数据传输队列, 如果节点的访问请求到达服务器, 更新数据对象的访问时间间隔、访问请求率和对象传输费用, 并重新排列对象在传输队列中的顺序; 否则, 节点请求对象的访问率不变, 并把该对象剔除出传输队列。

模拟试验的基本网络环境是无线局域网(WLAN), 由于无线局域网具有较高的网络传输速率, 较稳定的信号质量, 可以较好地模拟无线网络的基本特征。基于 IEEE802.11g 标准的 WLAN 可以根据网络环境调节网速, 具有较高的网络灵活性, 而且由于空间数据量较大, 高速的无线局域网的 QoS 更高, 网络延迟更小。

模拟试验采用中心式(Infrastructure mode)的 WLAN 结构作为基本网络拓扑结构。模拟试验的无线设备采用 IEEE802.11g 的 D-Link 无线网卡和无线路由器, 传输最高速率可以达到 54 Mb/s。

4.2 试验结果评估

模拟试验首先分析代理服务器中的访问对象记录、无线网络各节点的信号强度和传输速率。对于无线局域网, 不同的传输距离会对应不同的无线信号质量, WLAN 自动配置不同的传输速率。试验中, 当无线节点处于 A、B、C、D 四种状态下, 基本的无线信号质量和传输速率访问记录的统计信息如表 2:

表 2 无线信号质量统计表

	A	B	C	D
信号质量	12%	25%	50%	100%
速率 (Mb/s)	6	12	24	54

试验的数据对象采用一组空间点、线、面的信息要素数据, 试验的 GIS 数据类型主要由矢量数据和栅格数据组成, 所有空间信息点和线都是矢量数据, 采用 Mapinfo 的 Tab 数据格式, 面要素主要是栅格数据, 包括了图层信息和背景信息。

如图 1 所示为电子地图空间数据自适应服务实例显示的一部分, 当无线节点设备对数据的访问增加, 网络信号强度变高, 客户端显示的接收到的对象要素数据逐渐增加, 直到满足用户需求为止, 图 2 是不同网络状态下, 不同对象传输响应时间。

另外, 针对本文提出的无线自适应传输模型和算法, 模拟试验对无线网络环境下空间数据的自适应传输调度方法的实

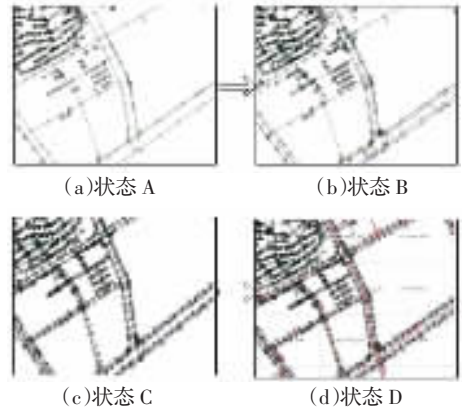


图 1 空间对象自适应调度传输

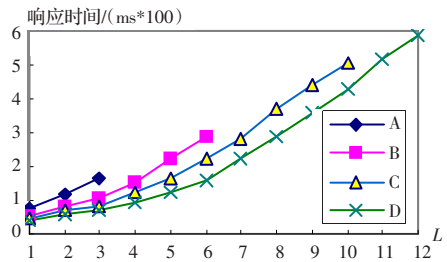


图 2 不同网络状态自适应传输比较

效性和无线一般化传输的方法进行了对比测试, 并采用数据通信效益增长曲线对两种无线传输方法处于四种状态下所产生的网络传输响应时间变化进行了对比。如图 3 所示为两种不同传输方法响应时间变化对比。

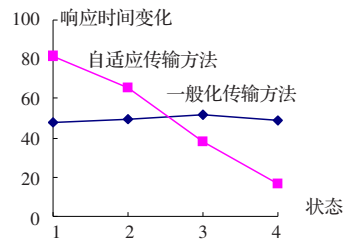


图 3 两种不同传输方法响应时间变化对比

从图中可以看出, 在调度开始的一段时间内, 自适应传输调度方法由于算法处理和选择传输优先级最高的对象, 从而提高了信息服务的效率, 随着传输数据量的增大和传输质量的提高, 自适应响应时间越来越小, 呈加速递减的趋势。而一般化传输过程中只是对数据进行无选择性的传输, 不同网络状态下单位对象传输时间增益为 0。对比图可以清晰地看到, 虽然对于空间对象的传输方法不同, 但是通过的信息总量(曲线包含的面积)是相同的, 而自适应传输调度方法更加有效地提高了无线系统的整体传输效率。

5 结语

随着无线设备和无线用户的增多, 无线 GIS 将广泛应用于多个领域。GIS 用户对资源的访问具有很强的局部性, 客户的访问通常集中在小部分热门资源上, 当无线传输的空间数据的容量增大时, 这种局部性表现更加明显, 采用自适应传输技术可以很好地解决这类问题。而本研究说明了当单位时间对 GIS 空间数据访问量越大, 节点信号强度越强, 为更加合理利用无

(下转 12 页)