

LBS-p：一个支持在线地图服务的 LBS 支撑平台^{*}

罗英伟 汪小林 庞潇 邢舟 王海波
(北京大学计算机科学技术系, 北京, 100871)

摘要：随着第三代通信技术(3G)和基于位置的服务(LBS)的发展,如何满足 LBS 用户随时随地的需要、以在线模式提供地图服务等 GIS 服务,成为一个重要的问题。针对 LBS 对于在线地图服务的需要,本文提出了一个基于轻量二进制矢量地图数据格式 Byte-Map 支持在线地图服务的 LBS 支撑平台 LBS-p。LBS-p 由运行在移动设备上的客户端程序和服务器端的 LBS-p Server 组成。移动终端模块是一个基于 Java ME 平台的应用程序负责在线地图数据的请求、管理及显示,及 LBS 的访问与结果展示;LBS-p Server 主要包括三个部分:负责为在线地图服务准备地图数据的 Byte-Map 数据预处理机制,负责响应移动终端的在线数据请求、实时为其提供在线地图数据的 Byte-Map 数据服务模块,及面向 LBS 的 GIS 服务模块。LBS-p 利用轻量地图数据格式 Byte-Map,通过服务器端的在线地图服务模块和移动终端模块实现在线地图服务。

关键词：在线地图服务,基于位置的服务,LBS 支撑平台,LBS-p

LBS-p: a LBS platform supporting online map services

Yingwei Luo, Xiaolin Wang, Xiao Pang, Zhou Xing and Haibo Wang
(Dept. of Computer Science and Technology, Peking University, Beijing, China, 100871)

Abstract: With the development of 3G and LBS (Location Based Service), it tends to provide online map services and other GIS services, so as to allow users access them on demand. This paper presents LBS-p, a LBS supporting platform, which provides online map service with Byte-Map. Byte-Map is a lightweight binary vector mobile map format using one-byte coordinates. LBS-p consists of mobile client and LBS-p Server. Mobile client is a Java ME application running on the mobile terminal, which dedicates to the request, management and display of mobile map data. LBS-p Server consists of Byte-Map data pre-processing mechanism, Byte-Map data providing module and LBS-oriented GIS service module. Byte-Map data pre-processing mechanism processes the original map data (i.e. GML data) and produces Byte-Map data for LBS-p. Byte-Map data providing module provides Byte-Map data to the mobile client. And LBS-oriented GIS service module focuses on provision of additional GIS services needed by LBS.

Keywords: Online Map Service, Location Based Service, LBS Supporting Platform, LBS-p

1. 引言

基于位置的服务(LBS)在2000年左右被提出,并一直被认为是移动增值服务中最具潜力的部分。在第三代移动通信系统(3G)出现之前,由于受到无线网络带宽等条件的制约,LBS的发展因需要传输大量地图数据而受到了很大限制。随着3G的到来,无线网络数据传输能力得到很大提升,为向用户提供更丰富的信息提供了网络带宽的保证,使得信息量较大的LBS业务通过无线网络实现成为可能。

在LBS的发展中,GIS扮演着重要角色。LBS需要GIS为其提供移动地图服务、路径搜索、地理编码/逆地理编码、测算及空间分析等方面的支持,其中移动地图服务最为基本

^{*} 本文得到国家973计划(2006CB701306)、国家自然科学基金(40730527)和国家科技支撑计划(2007BAH12B01)资助。

和重要,即在移动设备上提供地图展示并在此基础上进行各种位置相关信息显示的服务。对于 LBS 用户而言,结合地图进行 LBS 查询及结果的展示是最为直观和便捷的方式。

移动地图服务的地图数据提供方式可以分为两种:一种是将地图数据预装到移动设备中,通常是采用移动设备上的文件系统或移动数据库保存,访问服务时地图数据直接从本地存储系统中读取;另一种是移动设备本地几乎不存储或者只存储少量的地图数据,而在访问服务的过程中按照地图显示的需要在线下载地图数据。前一种方式称为离线(offline)模式,后一种方式称为在线(online)模式。由于受无线网络带宽的制约,现有的 LBS 应用多采用离线模式的移动地图服务。离线模式的移动地图服务对于设备存储能力较强、地图访问范围较为固定、地图数据更新较慢的应用场景非常适用,如城市车载导航方面的应用。而且由于地图数据直接从本地设备的外存中读取,相对于通过无线网络下载,所需的时间较短,也不受无线网络环境变化的影响。但离线模式的移动地图服务又有着明显的局限性,如:

- 地图数据不能满足用户“随时随地”的需要,无法解决移动设备有限的存储空间与用户对大量地图数据的使用需求之间的矛盾;
- 不适用于地图访问范围不固定的场景,如用户一旦到了新的城市,就需要更换整套地图数据;
- 数据更新不够便捷、迅速,更新过程不对用户透明。

相对而言,在线模式的地图服务,即支持用户随时随地、按需在线下载地图数据,能够很好的弥补这些不足,适用的场景更为广阔,尤其是更加适用于面向手持设备用户提供 LBS 服务。随着 3G 的普及和 LBS 的发展,在线模式的地图服务正在兴起,成为学术研究的热点,并有以 Google Mobile Maps 为代表的商用服务推出^[1]。

针对 LBS 发展的需求,本文提出了一个 C/S 架构的 LBS 支撑平台 LBS-p,它采用一种轻量的二进制矢量地图数据格式 Byte-Map,通过服务器端的在线地图服务模块和移动终端模块实现在线地图服务。

本文第 2 节将介绍相关工作,第 3 节介绍 Byte-Map 数据格式及 LBS-p 的体系结构,第 4 节重点介绍 LBS-p 中在线地图服务的实现,第 5 节将给出 LBS-p 的一个应用实例。

2. 相关工作

利用 GIS 向 LBS 提供地图服务等 GIS 支持一直是 LBS 领域的研究热点,研究内容包括 Mobile GIS 的系统框架、移动地图服务等。^[2]从 GIS 对 LBS 的支撑角度出发,提出了一种面向 LBS 的通用的 Mobile GIS 系统架构,从宏观角度阐述了其 Client 端和 Server 端的各个组成模块。随着 3G 时代的到来,近年来国内外移动地图服务方面研究的一个侧重点在于向移动用户提供在线地图服务,包括 Server 端的数据组织和提供,以及终端的缓存预取策略等。^[3]研究了基于 Mobile SVG 格式的地图数据向手机用户提供在线地图服务,并通过手机的 GPS 定位功能、根据用户的位置信息按需从服务器下载地图数据,其下载策略较为简单。^[4]同样基于 Mobile SVG,提出了一种根据手机用户的当前位置和移动情况预测其未来位置、从而实现地图数据预取的终端数据策略。^[5]侧重于利用在线地图服务展示用户周围的交通信息,实现了一个根据用户需要在线下载、显示地图,并基于地图展示交通设施的服务。此外,以 Google 推出的 Google Mobile Maps 为代表的商用在线地图服务也已出现^[1]。Google Mobile Maps 使用 Mobile SVG 作为地图数据格式,在客户端基于 TinyLine SVG^[6]实现了地

图缓存预取机制和基本的地图浏览、放缩等功能，并提供兴趣点查询等服务。

目前 LBS 支撑平台的基本系统架构已经较为成熟，而平台如何根据 LBS 用户随时随地的需要、以实时在线的方式提供地图下载和显示，仍然是一个研究热点。本文的目标就是在 LBS 支撑平台 LBS-p 中实现一种较好的在线地图服务。在数据格式的选择方面，虽然 Mobile SVG 受到 W3C 组织的大力推荐并在现有绝大多数的在线地图服务中得到了采用，但是由于其采用 XML 文本格式，导致数据量相对较大，使用压缩技术仍不能很好的解决这一问题，并继而带来客户端解压缩的时间开销和电力、内存资源的消耗。因而本文实现的在线地图服务中采用一种轻量的二进制矢量地图数据格式——Byte-Map。与 Mobile SVG 相比，Byte-Map 在数据量和终端处理开销上都有一定优势。本文通过设计实现基于规则的数据预处理机制为 LBS-p 准备 Byte-Map 数据，通过 LBS-p Server 端的 Byte-Map 数据服务模块和移动终端模块实现了一个在线地图服务，并通过面向 LBS 的 GIS 服务模块，利用 GIS 平台 PKGML 向 LBS 提供其它 GIS 服务支持。

3. LBS 支撑平台 LBS-p

LBS-p 是本文提出的 LBS 支撑平台，其中“p”包含了“Peking University”和“platform”的双重含义。LBS-p 采用轻量二进制矢量地图数据格式 Byte-Map，通过服务器端的在线地图服务模块和移动终端模块实现在线地图服务。

3.1. LBS-p 的在线移动地图格式 Byte-Map

Byte-Map 是针对移动在线地图服务提出的一种地图数据表示规范。为了减少数据量，满足在线移动地图服务的需求，Byte-Map 采用了矢量、二进制形式表示地图数据，并对地图数据的处理采用了分级、分块策略。Byte-Map 的分级、分块策略如图 1 所示。

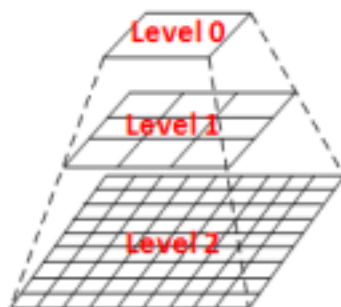


图 1 Byte-Map 的分级、分块策略

由于地图在不同的比例尺下需要显示的内容的精细程度不同，尤其是在移动设备显示屏尺寸有限的情况下，在较小比例尺下只需显示重要实体的大致轮廓即可得到较好的可视效果。因此，对一定范围内的地图不分显示级别地采用同一套原始数据对网络传输带宽是一种极大的浪费。分级是根据一定的策略，从原始地图数据产生出多个级别的地图数据，每个级别地图的精细程度不同，以适应不同的地图显示需求。根据当前终端地图的显示级别向服务器请求相应级别的数据，按需索取，是减少下载时间和传输带宽的有效策略。

对于图幅范围比较大的地图数据，移动用户需要的往往只是一个小范围的数据，一个合理的数据传输策略就是将地图划分为等大的多个区域（称为数据块 Block），根据移动终端对地图显示的需要，为其提供显示范围所覆盖的块。这里，数据块 Block 范围大小的选择是关键问题。为了能够有效减少数据量，Byte-Map 将 Block 设定为 250Unit×250Unit，其中

Unit 是长度度量单位。如果以 Block 左下角作为基点，在一个 Block 中，此时 x 和 y 坐标的取值范围相对于基点都是 0~250，这样做最大的优势就是可以用一个 Byte 来表示 x 或 y 的值。通过将实体的原始地理坐标与 Block 基点坐标相减，可以将一个 Block 内的实体坐标全部限定在 0~250，即对于实体的每个坐标点 (x, y) 都可以只用两个 Byte 来表示。与采用真实地理坐标表示实体相比，这一策略在数据量的减少上效果是相当显著的。

移动终端显示高级别（如 Level 0）数据时，由于显示范围比较大，如果和低级别数据采用相同的分块坐标单位，将涉及过多的 Block，使得移动终端的处理性能降低。为了避免这个弊端，我们可以通过增大高级别数据的分块长度度量单位来减少 Block 数目。不同的数据级别，采用不同的分块长度度量单位。比如在图 1 中，Level2 的分块坐标单位为“米”，Level1 的分块坐标单位可以为“十米”，而 Level0 的分块坐标单位则可以为“百米”。这种调整可以根据实际应用的需要进行。

在 Byte-Map 格式中，地图数据表示的基本单位是数据块（Block）。对于每个数据块 Block 来说，左下角的基点坐标 (ox, oy) 是它的唯一标识，这是一个真实的地理坐标。Block 内的数据是分级别（Level）存储的，每个 Block 由多个级别组成。每个级别内的数据按照属性不同分属于不同图层（Layer），由同类实体组成，位于同一图层的实体具有相同的地图显示方式。所有实体都采用相对坐标来描述，即任意一个坐标点 (x, y) 都是通过将其原始地理坐标与实体所在 Block 的基点坐标相减得到，其中 x 和 y 的值都介于 0~255 之间。除了几何属性，每个实体仅包含最基本的属性信息，包括实体名称（name）、实体 id、所属图层（layer）。其中，id 是实体的唯一标识（由于分块可能导致同一个实体被分割成不同的部分分属不同的 Block，但它们的 id 是相同的），name 主要用于实体标注，所属图层（layer）决定了实体的显示样式。图 2 是一个 Byte-Map 数据片段。

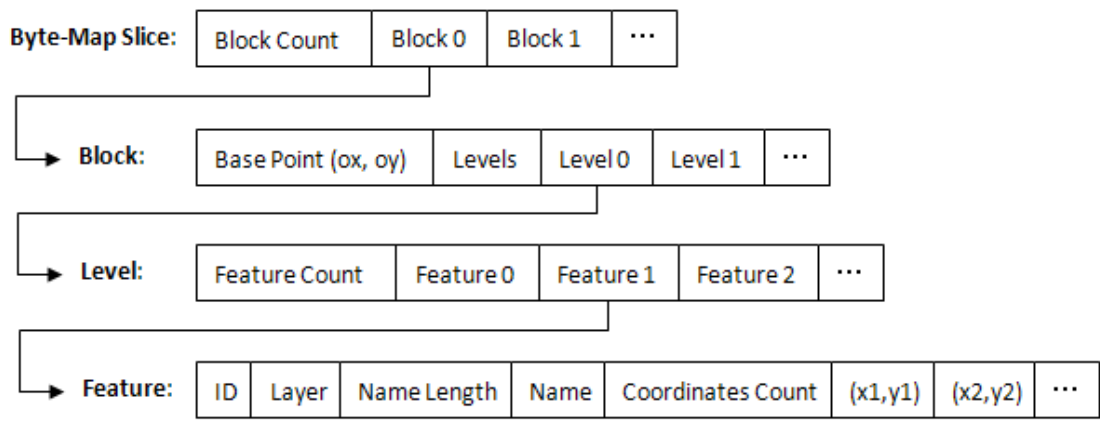


图 2 Byte-Map 数据片段

我们对 Byte-Map 和 SVGT 两种格式在数据量和终端处理复杂度上进行对比测试。测试结果表明，如果不进行压缩，Byte-Map 格式数据比 SVGT 格式数据要小很多；同样采用 GZIP 对数据进行压缩后，Byte-Map 格式的数据量比 SVGT 格式的数据量平均少 35%；而不压缩的 Byte-Map 格式数据仍比压缩后的 SVGT 格式数据略少。在终端的处理复杂度上，相比于 SVGT，Byte-Map 格式具有更少的数据解压缩时间、数据解析时间、绘制全图时间以及更少的内存消耗^{[8][9]}。

3.2. LBS-p 的系统结构

LBS-p 为 C/S 架构，主要包括 LBS-p Mobile（移动终端模块）和 LBS-p Server（服务器端模块）。LBS-p 的体系结构如图 3 所示。LBS-p Mobile 一个是运行在移动设备上的基于 Java ME 平台的客户端程序，负责在线地图数据的请求、管理及显示，及 LBS 的访问与结果展示（详细内容参见 4.1 节）。LBS-p Server 负责为 LBS-p Mobile 提供在线地图服务和 LBS 服务，主要包括三个部分：

- Byte-Map 数据预处理机制：如图 4 所示，它负责为在线地图服务准备数据。它接受 GML 格式的原始地图数据作为输入，经过解析、分级、精简、分块等一系列处理步骤生成轻量的 Byte-Map 数据。此外预处理过程中还将原始数据存入空间数据库，并对其建立空间索引，为 LBS-p 的 GIS 服务模块提供数据支持。这里，在分级、几何精简两个步骤中利用了规则引擎，抽取其中包含的决策逻辑，实现了一个规范化、通用、高效的基于规则的预处理机制^[8]。

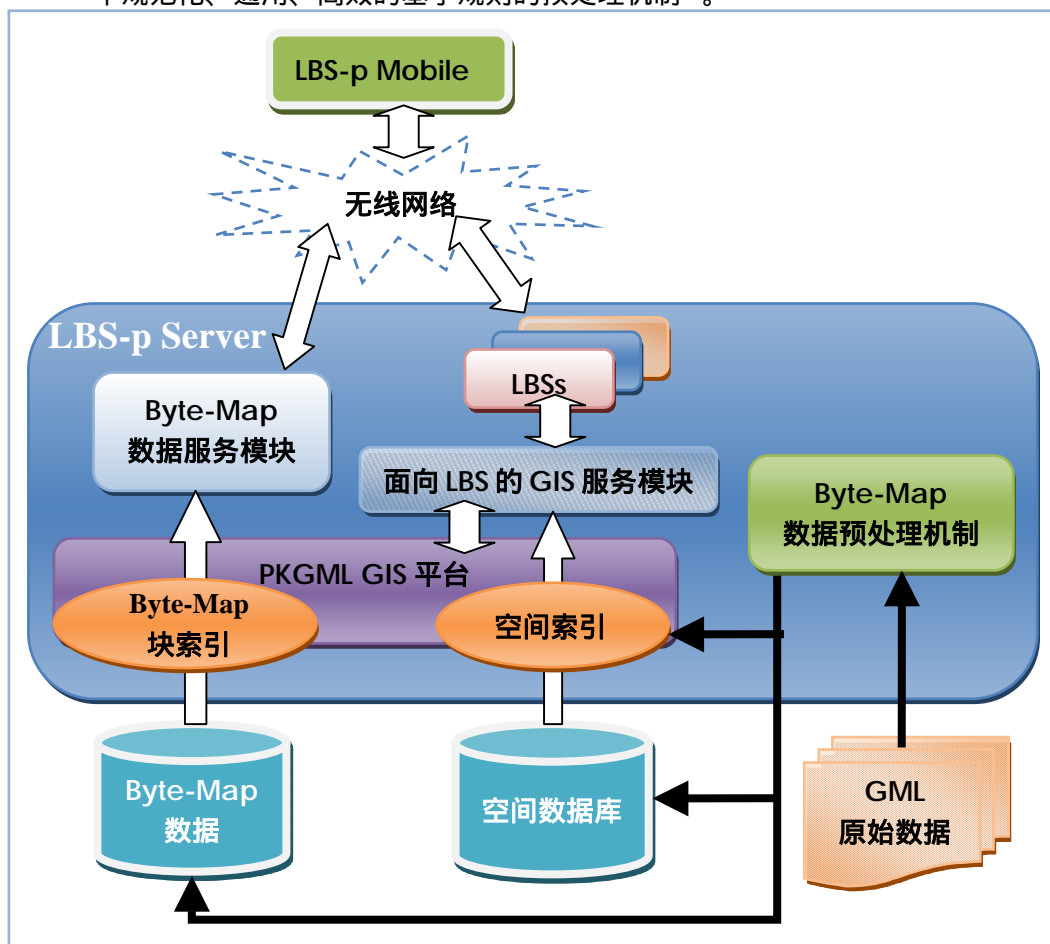


图 3 LBS-p 的体系结构

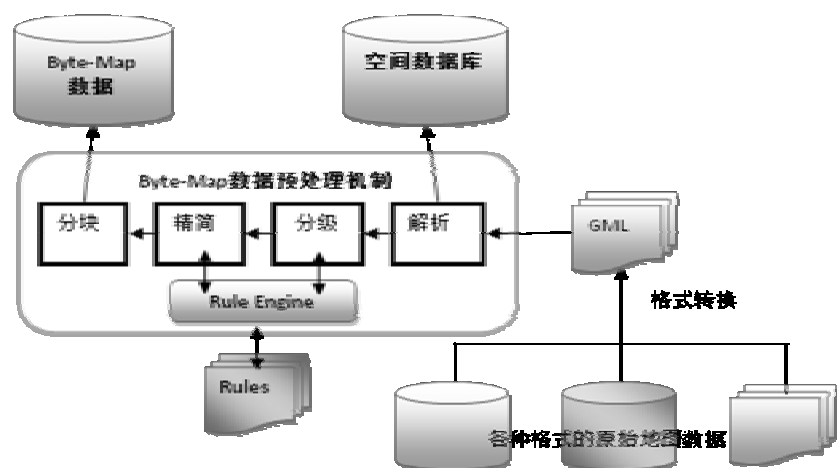


图 4 Byte-Map 数据预处理机制

- Byte-Map 数据服务模块：LBS-p 平台中在线地图数据的提供者，负责响应 LBS-p Mobile 的 Byte-Map 数据请求、组装和返回终端所需的 Byte-Map 数据。第 4 节将重点介绍 LBS-p 中在线地图服务的实现，包括发生数据请求的时机、请求的内容、请求应答协议及 Byte-Map 服务模块的工作流程。
- 面向 LBS 的 GIS 服务模块：负责向 LBS 提供 GIS 服务，如实体查询、最短路径计算等。在 LBS-p 中，GIS 服务模块依靠 GIS 平台 PKGML[7]、利用存放在空间数据库中的原始数据向 LBS 提供各种 GIS 服务，其工作流程如图 5 所示：
 - (1) 接收并解析 GIS 服务请求消息；
 - (2) 根据请求计算需要的空间数据范围，利用空间索引向空间数据库数据发起数据访问；
 - (3) 从空间数据库读取数据并交由 GIS 平台 PKGML 的相关计算模块进行计算；
 - (4) 将 PKGML 的计算结果封装成返回消息格式，并返回。

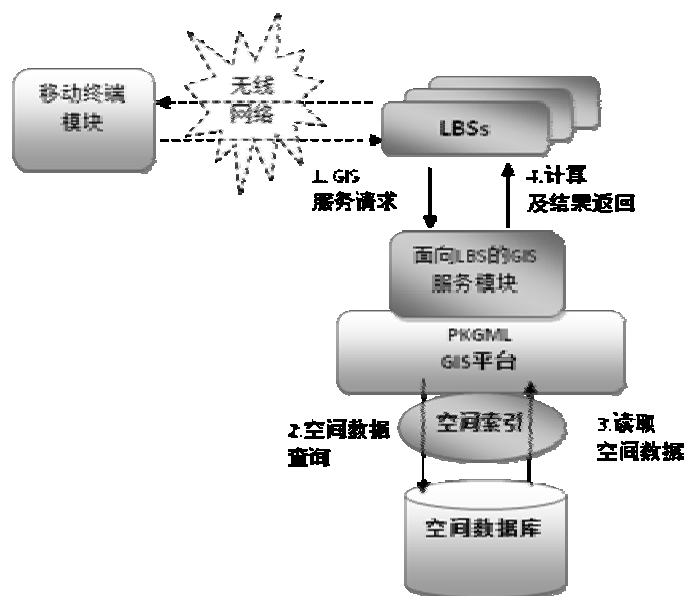


图 5 面向 LBS 的 GIS 服务模块的工作流程

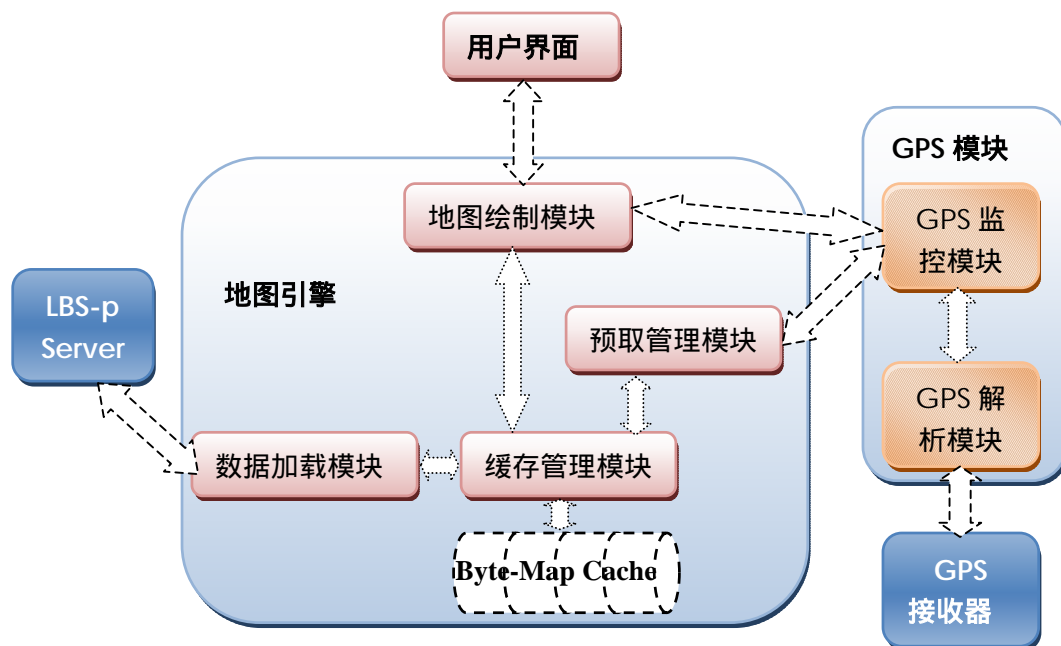
4. LBS-p 的在线地图服务机制

4.1. 移动终端的数据管理

LBS-p Mobile 负责在线地图数据的请求、管理及显示，及 LBS 的访问与结果展示，其功能模块主要包括地图引擎和 GPS 模块，图 6 是 LBS-p Mobile 的系统结构。

地图引擎负责为应用提供在线地图数据的管理及显示工作，它包括数据加载、缓存管理、数据预取以及地图绘制等子模块：

- 数据加载子模块：负责向 LBS-p Server 请求 Byte-Map 数据，并将获取的数据交由缓存管理子模块放入缓存。
- 缓存管理子模块：负责管理缓存中的 Byte-Map 数据，在缓存满的情况下根据一定的缓存淘汰算法（如 FIFO、LRU、LFU、位置最远等）淘汰旧的缓存块、放入新块^[9]；淘汰算法的采用根据应用场景而变化；缓存管理子模块处理地图绘制子模块及预取管理子模块的数据请求，当缓存中的数据不足以满足请求时，将命令数据加载子模块从服务器取缺失的 Byte-Map 数据。
- 预取管理子模块：负责根据某种预取策略（如根据用户位置信息和用户历史操作、用户移动方向等）预测用户将来会用到的 Byte-Map 数据^[9]，并向缓存管理子模块发出预取指令，进而从数据加载子模块加载这些数据。
- 地图绘制子模块：负责向用户界面提供地图绘制功能，并根据用户的操作（如移动、放缩）从缓存管理模块请求 Byte-Map 数据，并对这些数据进行绘制。



地图引擎在内存中建立缓存（Byte-Map Cache），存放当前获得的 Byte-Map 数据。Byte-Map 数据在内存中以相互关联的一组类的对象表示，类之间的关联关系如图 7 所示。

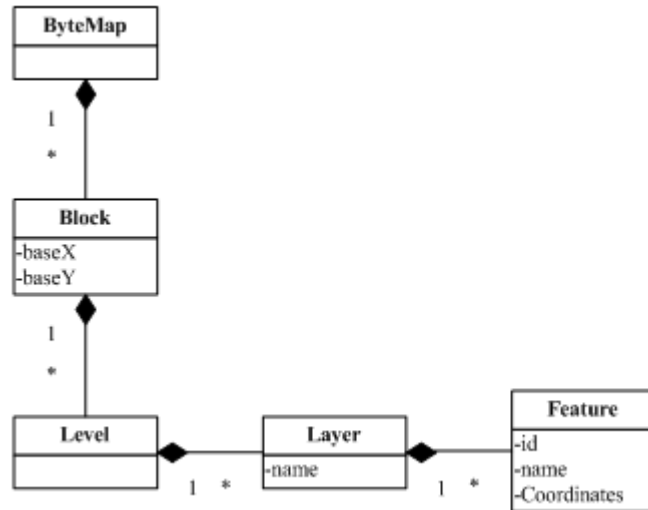


图 7 Byte-Map 在 LBS-p Mobile 的内存格式

- ByteMap：一个 ByteMap 类的对象用来表示当前缓存中的 Byte-Map 数据，其包含多个 Block 类的对象；
- Block：Byte-Map 数据以固定大小的范围将整个地图规整的分为若干个块，并以块为最基本的数据组织单位，一个 Block 类的对象表示一个 Byte-Map 数据块；
- Level：每个 Byte-Map 数据块内包含若干个级的数据，以对应不同比例尺下对地图详细程度的不同需要，一个 Level 类的对象表示块中的一个级；
- Layer：一个 Layer 类的对象表示地图中的一个图层，同一图层通常包含同一类实体（如河流、道路等）；
- Feature：一个 Feature 类的对象表示一个具体的实体，包含实体的 id、名称属性及几何属性（坐标信息）。

GPS 模块主要负责监控从 GPS 接收器获取的位置信息，并周期性的向地图引擎发送，它包含如下两个子模块：

- GPS 解析子模块：负责接收 GPS 接收器的数据，并进行解析，得到当前位置的坐标信息；
- GPS 监控子模块：负责周期性的（如每 10s）调用 GPS 解析子模块访问 GPS 接收器，并将得到的位置信息反馈给地图引擎中的地图绘制子模块和预取管理子模块，以便于用户界面中用户位置的更新及数据的预取。

4.2. Byte-Map 数据请求的时机

当移动终端用户缩小或平移地图导致数据缺失发生时（屏幕需要显示的地图范围超出了终端缓存中的 Byte-Map 数据块的覆盖范围），LBS-p Mobile 需要向服务器发出 Byte-Map 数据请求，请求缺失区域的 Byte-Map 数据块，如图 8 所示。

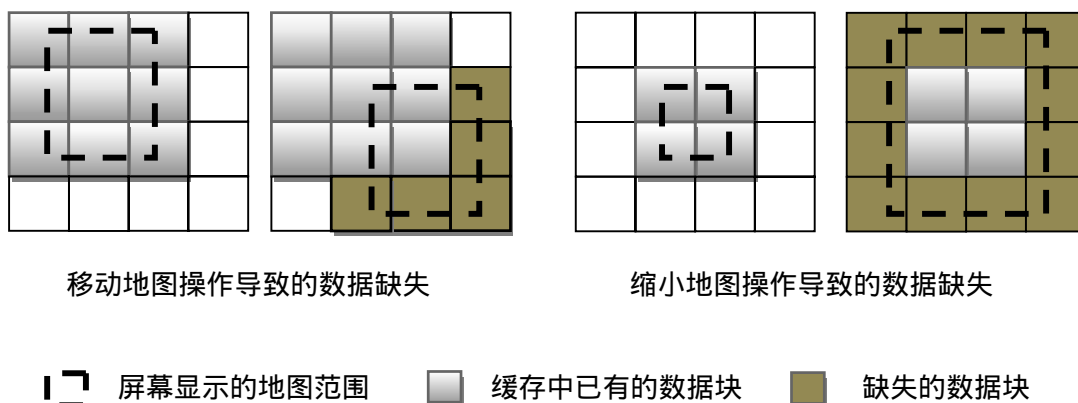


图 8 地图操作导致的 Byte-Map 数据请求

此外，LBS-p Mobile 的预取机制通过预测用户未来的行为进行数据预取时，也会向服务器发出 Byte-Map 数据请求。

4.3. Byte-Map 数据请求内容

在简单情况下，一次 Byte-Map 数据请求实际上用一个矩形区域描述了一个地理范围，该范围覆盖的所有块就是请求的 Byte-Map 数据，如图 9 所示，虚线框表示请求描述的地理范围，它包括一个区域左下角的地理坐标 (x, y) 区域宽度 width 和区域高度 height，该地理范围覆盖了用灰色表示的 9 个 Byte-Map 数据块。

由于 LBS-p Mobile 会在缓存中保存一些已经请求过的数据块，地图操作发生后，新的屏幕显示范围内的某些块可能已经在缓存中，为了避免这些数据的重复传输，只需要请求缓存中没有的块。如图 10 所示，一次地图移动操作后，屏幕需要显示虚线框所示区域的标号 0~8 的 Byte-Map 数据块，但由于标号为 0、1、3、4 的四块数据已经包含在终端的缓存中，实际只需要请求标号为 2、5、6、7、8 的块。Byte-Map 数据请求协议必须有对这种情况进行描述的能力。

图 10 较为复杂的 Byte-Map 数据请求

此外，一次 Byte-Map 数据请求也可能只需要请求某一个 level 或某几个 level 的 Byte-Map 数据而不是全部（比如用户不关心某个区域的详细内容、不需要深层放大操作，因而只请求较小比例尺、较粗略的 level），Byte-Map 数据请求协议也要有对这种情况进行描述的能力。

4.4. Byte-Map 数据请求与应答协议

4.1.1. Byte-Map 数据请求协议

根据 4.3 节的要求，Byte-Map 数据请求协议的消息格式包括区域描述、level 描述和 block 描述三部分。

区域描述为基本部分，包括区域左下角、区域宽度、区域高度三个字段，描述请求的地理范围。

level 描述为可选部分，包括每个 level 对应的标志位，标志位为 0 表示不需要在结果中包含该 level 的数据。如果请求消息中不包含 level 描述，则表示请求所有 level 的数据。

block 描述部分也是可选字段，包括区域描述部分描述的地理范围内的每个 block 对应的标志位，标志位为 0 表示不需要在结果中包含该 block 的数据。如果请求消息中不包含 block 描述，则表示请求区域描述部分描述的地理范围内的所有 block。

Byte-Map 数据请求协议的详细内容见图 11 及表 1。

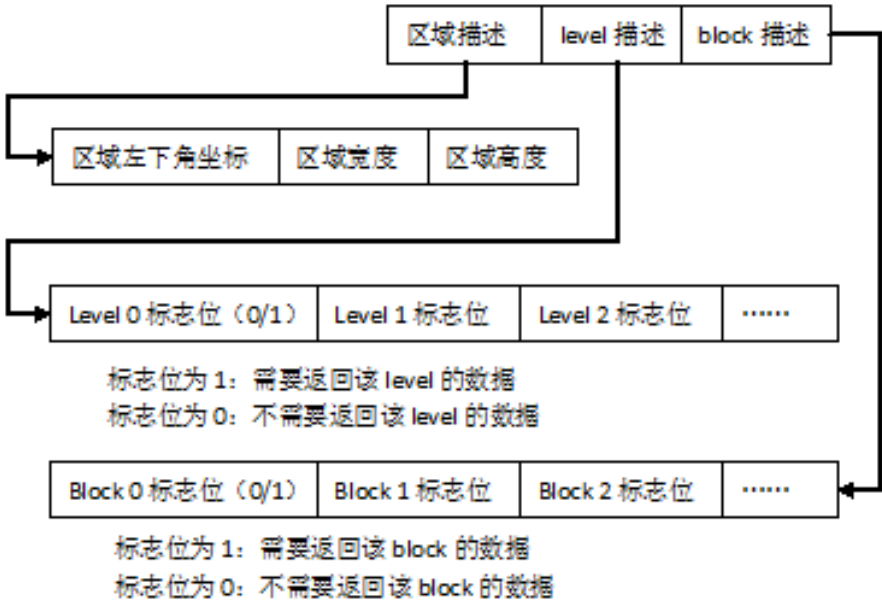


图 11 Byte-Map 数据请求消息格式

表 1 Byte-Map 请求消息的组成字段

字段名	含义	格式
区域左下角坐标	请求区域的左下角的地理坐标 (x , y)	由两个 int 类型的整数表示
区域宽度	请求区域的宽度	由一个 int 类型的整数表示
区域高度	请求区域的高度	由一个 int 类型的整数表示
level 描述	一组二进制的标志位，第 i 个位为 1 表示需要第 i 级的数据，为 0 则表示不需要	使用一个 int 类型的整数 levelSign 表示这组二进制标志位，自低位至高位依次表示各个标志位，最多可以表示 32 个 level
block 描述	一组二进制的标志位，第 i 个位为 1 表示需要第 i 块的数据，为 0 则表示不需要	第 i 个位为 1 表示需要第 i 块的数据，为 0 则表示不需要；实现上使用 s 个 int 类型的整数 bSign 0~bSign (s-1)表示这组二进制标志位，每个整数表示 32 个块，第 i 块的标志位为 bSign (i/32)的第 i%32 位， $s = \lceil \text{区域总块数}/32 \rceil$

对于图 10，假设：

- 区域左下角为(1500，2000)，宽 600 米，高 700 米

- 仅请求 level 1 的数据
- 仅请求图中深色块 (第 2、5、6、7、8 块)

则对应的 Byte-Map 请求消息如下：

1500 2000 600 700 2 484

其中 level 标志位 2=(10)₂ 表示仅请求 level 1 的数据, block 标志位 484=(111100100)₂ 表示仅请求标号为 2、5、6、7、8 的块。

4.1.2. Byte-Map 数据应答协议

一个 Byte-Map 数据应答消息即一个 Byte-Map 格式的数据片段 (参见 3.1 节图 2), 其字段组成及含义见表 2。

表 2 Byte-Map 数据应答消息的组成字段

Byte-Map	Block	count				片段包含的 Byte-Map 块个数, 由一个 int 类型的整数表示
		Base point	Levels			块基点坐标(x, y), 也是块的唯一标识, 由两个 int 类型的整数表示
			Level			块包含的 level 个数, 由一个 int 类型的整数表示
			Feature count	Feature		level 包含的实体个数, 由一个 int 类型的整数表示
				Feature	ID	实体 ID, 由一个 int 类型的整数表示
					Name	实体名称, 由一个 char 数组表示
					Layer	实体所属图层, 由一个 char 数组表示
					Coordinates count	实体几何属性包含的坐标点个数, 由一个 int 类型的整数表示
					Coordinate	相对块基点的相对坐标点(x, y), 由两个 byte 类型表示

4.5. 服务器端的数据组织和 workflows

在实际应用中, 很多情况下往往仅需要一个 block 的某一个 level 的数据 (如在导航服务中, 往往只需要中等级别的地图数据), 在这种情况下如果将 block 所有 level 的数据都返回给终端将造成数据有效率的下降和网络资源的浪费。本文设计的在线地图服务数据请求与应答协议可以满足终端一次仅请求某一个 level 或某几个 level 的若干个 block。同时, 在服务器端, 以 block 中的每个 level 为单位进行存储, 形成一个 Byte-Map 数据文件, 包括其包含的实体 ID、name、layer 等属性及其几何数据。为了更好地管理 Byte-Map 数据以便快速响应移动终端的数据请求, 建立 Byte-Map 块索引, 每个索引项指向一个 block, 包含基点坐标信息, 及指向此 block 包含的各个 level 数据在 Byte-Map 数据文件中位置的指针和长度。当处理一个 Byte-Map 数据请求时, 可以根据 Byte-Map 块索引快速地获取所需的 block 的相应的 level 数据, 并最终组成响应请求的 Byte-Map 数据片断。Byte-Map 块索引和 Byte-Map 数据文件的结构和关系如图 12 所示。

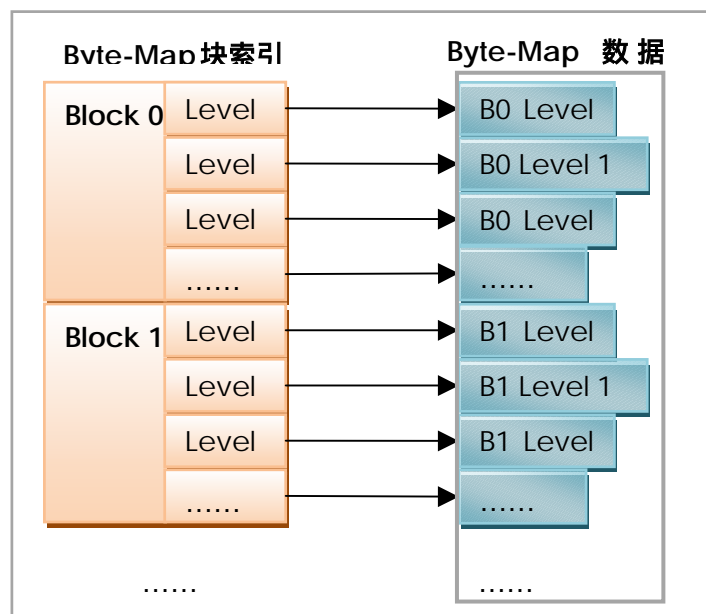


图 12 服务器端的 Byte-Map 数据组织

Byte-Map 数据请求由运行在 LBS-p Server 上的 Byte-Map 数据服务模块响应。如图 13 所示，一次数据请求的处理流程为：

- 1) 接受移动终端发来的 Byte-Map 数据请求消息；
- 2) 解析请求消息并根据消息中描述的地理范围信息计算出需要访问的块的个数、各个块的基点坐标，并记录消息中描述的需要返回的 level；根据 Byte-Map 块索引访问存放 Byte-Map 数据的文件；
- 3) 从 Byte-Map 数据文件中读取被请求的数据块的对应 level 数据，将它们封装成符合 Byte-Map 数据应答消息格式的数据片断；
- 4) 将封装完的应答消息返回给终端。

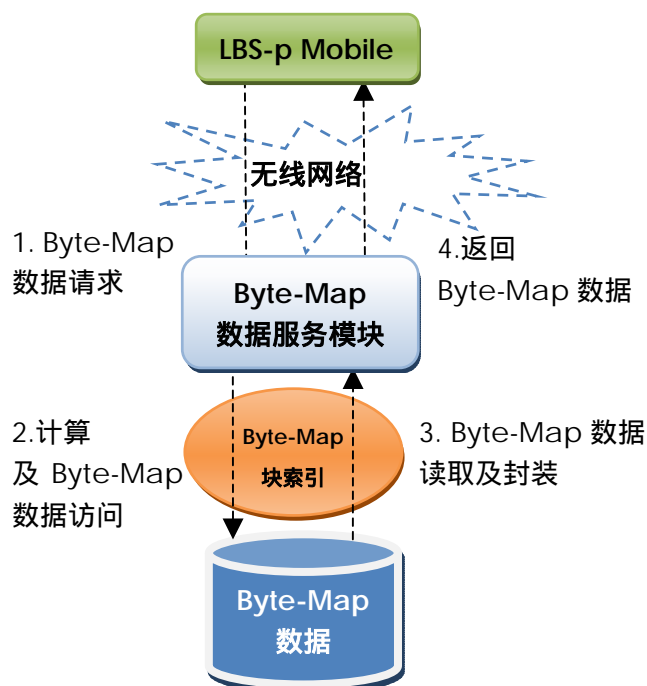


图 13 Byte-Map 数据服务模块的工作流程

5. 系统评测及应用实例

5.1. LBS-p 系统评测

本节通过实验评测 LBS-p 的在线地图服务的性能，包括传输数据量、LBS-p Mobile 的性能和 LBS-p Server 的并发响应时间。

5.1.1. 实验数据和环境

测试所采用的原始数据为 GML 格式的北京市地图数据，共 7 个图层。测试原始数据信息如表 3 所示。

表 3 实验数据（北京市地图，GML 格式）

Layer	Geometric Attribute	Size of File (Byte)	Number of Feature
Admin area	Polygon	1,649,435	18
Admin	Point	5,422,124	9,275
Landmark			
Street Block	Polygon	106,894,140	123,175
Landmark	Point	2,401,979	3,321
Land Use	Polygon	17,866,908	14,467
POI	Point	62,611,940	73,996
Road	Line	202,304,024	133,717

我们首先对原始数据中实体的几何属性进行一定程度的精简，然后再转化为 Byte-Map 以及其它格式进行对比。

实验环境如表 4 所示。

表 4 实验环境

	型号	内存	操作系统	开发平台
服务端	Pentium 4, 3.0GHz	2G	Microsoft Windows XP	Tomcat
手持终端	N73	64M	Symbian Os v9.1a	S60 3rd Edition

5.1.2. LBS-p 在线地图服务的传输数据量

我们将北京市的地图数据划分为 2 个 level (level 0 和 level 1，分块的长度度量单位都为米)，经过分级、精简以及分块后，整个北京市 7 个图层的 Byte-Map 数据量如表 5 所示。可以看到，整个北京市的 Byte-Map 数据(2 个 level)约为 10MB，是原始 GML 数据的 2.5%。

表 5 北京市地图数据的数据量（精简后）

数据格式	Level 0 数据量 (Byte)	Level 1 数据量 (Byte)	总数据量 (Byte)
GML (Text)	N/A	N/A	397,501,115
Byte-Map (Binary)	738,877	9,448,664	10,187,541

随后，我们对比了 PNG(Portable Network Graphics)栅格图片、GZIP 压缩的 Mobile SVG 和 Byte-Map 的传输数据量。数据选取方面，在从北京市地图数据中抽取若干个地图内容较为丰富的区域，针对 LBS 应用对于地图显示范围的需要，所选区域的地理范围从 500m*500m 到 4km*4km，随着区域范围的增大，其包含的空间实体内容也逐渐增多（体现在坐标信息的增多，即坐标点个数的增加）。对于每个区域的地图内容，将其分别用 PNG、GZIP 压缩的 Mobile SVG 和 Byte-Map 表示，对比三者的数据量，实验结果如图 14 所示。

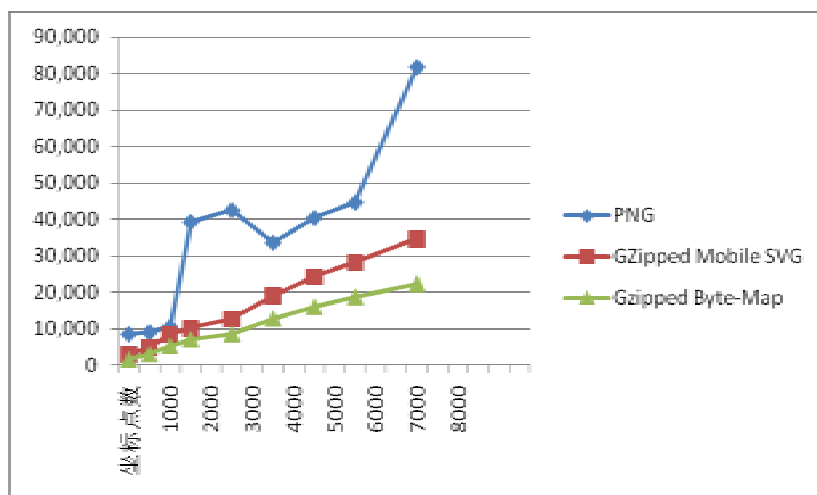


图 14 PNG、压缩 Mobile SVG 和 Byte-Map 数据量对比

实验结果证明，表示同样的地图内容，Byte-Map 数据量约为 PNG 的 24%~60%，约为压缩后的 Mobile SVG 的 60%~90%（平均少 35%）。由于采用了 Byte-Map 数据格式，LBS-p 在线地图服务在传输数据量方面有较为明显的优势。

5.1.3. LBS-p 移动终端模块的性能

本小节通过实验评测 LBS-p Mobile 的绘制性能和 cache 的性能。

首先测试以 GPS 定位点（77945，54633）为中心初次显示 3000 米*4000 米范围地图的性能，包括在线数据传输量、传输时间、解析时间、显示地图时间和终端的内存消耗，测试在无线网络状况较稳定的情况下进行测试。测试结果如表 6 所示。

表 6 终端初次显示性能

传输数据块 (block)	传输数据量 (bytes)	传输时间 (ms)	解析时间 (ms)	显示地图时间 (ms)	内存消耗 (bytes)
195	13093	9694	95	628	590212

终端初次显示的范围虽然较大，含有的数据块较多，但由于采用精简的 level0 的数据，所以无论是在地图数据量还是解析显示地图的时间上来看效果都非常好（传输时间主要取决于无线网络的速度），这体现了 Byte-Map 地图数据量小、终端处理复杂度较低的特点。

随后，我们测试了终端 Byte-Map Cache 为 200K 时的实际操作性能。测试采用不连续的终端地图操作，主要测试在各种比例尺下左移（1/4 图幅宽度）、放大（1 倍）和缩小（1 倍）操作，且都会不可避免的发生 Cache 数据缺失需要连接服务器取数据的情况下，终端的传输数据量、传输时间、绘图时间和应用程序的内存消耗。测试结果如表 7 所示。一般情况下放大不需要访问服务器，但表中在 1：400 下进行放大操作时，由于从 level0 层跨到 level1 层，所以需要取数据。从表中可以看出，对于终端的基本的操作，占用终端操作操作时间最多的仍然是传输时间。由于无线网络并不稳定，所以实测的传输时间并不是线性变化的。

终端一级 cache200K 情况下性能表

不同比例尺下 操作	1 比 800		1 比 400			1 比 200			1 比 100			1 比 50	
	左移	放大	左移	放大	缩小	左移	放大	缩小	左移	放大	缩小	左移	缩小
层情况	在 Level0 操作		在 Level0 操作			在 level1 操作			在 Level1 操作			在 level1 操作	
传输数据量 (bytes)	5108	0	1536	7443	9864	2778	0	3566	1219	0	5651	749	662

传输时间(ms)	4126	0	3156	6412	6095	3763	0	5449	2943	0	4091	3925	2928
绘图时间(ms)	620	206	305	290	417	446	192	107	192	173	214	160	202
内存消耗(bytes)	712034	683236	674512	769228	770512	796184	769228	803680	696348	671584	782832	700020	777548

5.1.4. LBS-p Server 的并发响应时间

本节通过实验，测试随并发连接数的增加，Byte-Map 数据服务模块响应时间的变化。实验中使用 Microsoft Web Application Stress Tool 对 Byte-Map 数据服务模块发起并发请求，以模拟大量用户对在线地图服务的同时访问。

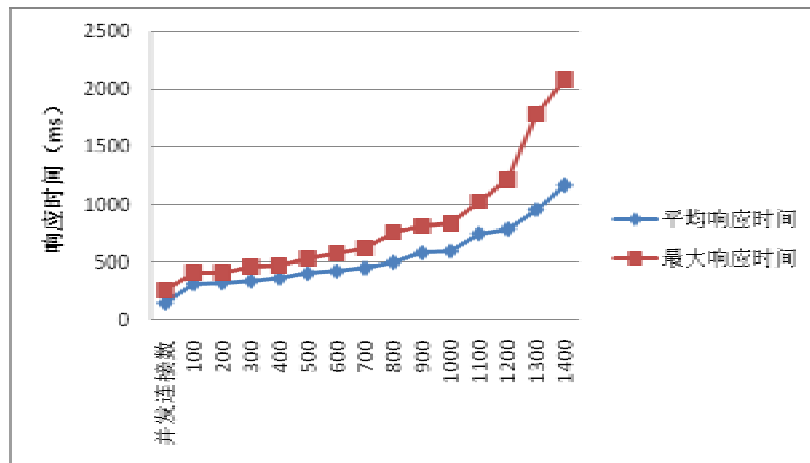


图 15 Byte-Map 数据服务模块的响应时间随并发连接数的变化情况

实验中依次将并发连接数设置为 100、200、.....、1500，共 15 组，分别测试。对于每一组记录 Byte-Map 数据服务模块对于并发数据请求的平均响应时间和最大响应时间。实验结果(见图 15)证明,当并发连接数小于 1000 个时,并发请求的平均响应时间不超过 600ms,最大响应时间约为 800ms,速度较为理想;如果并发请求超过 1200 个,最大响应时间将超过 1s;如果并发请求达到 1500 个,平均响应时间和最大响应时间将分别超过 1s 和 2s,较不理想。由于服务器需要较多的 CPU 资源为大量并发连接创建处理线程,当并发连接数较多时可以通过改善服务器的硬件环境提高在线地图服务的性能。

5.2. 应用实例

本节通过一个典型的 LBS 应用实例——导航服务，来验证 LBS-p 的应用及其在线地图服务能力。本例中用户需要从当前位置到达某地，在获得路径信息后，沿该路径的移动，通过 LBS-p 的在线地图服务按需获得地图数据并显示。本实例测试使用 Nokia 3300 模拟器。

首先，用户基于自己的位置（红色图标），选择导航，并输入目的地名“航空航天大学”进行查询（参见图 16）。

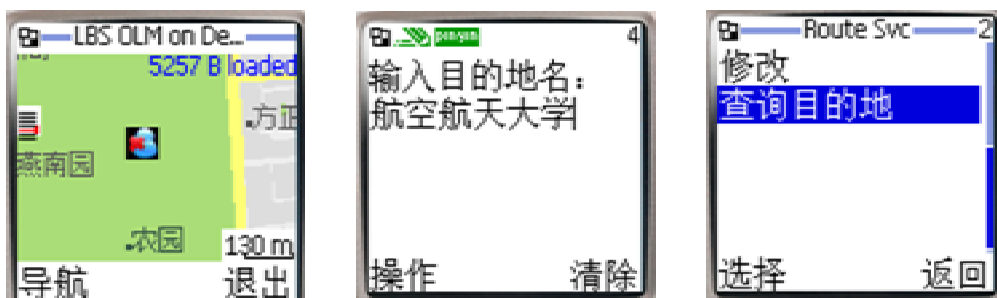


图 16 目的地查询

查询结束后,将得到与“航空航天大学”模糊匹配的结果的列表,用户在结果列表中选择“北京航空航天大学(北门)”,LBS-p Mobile 向 LBS-p Server 的导航服务请求计算从当前位置到此地的最短路径,随后 LBS-p Mobile 从 LBS-p Server 获得最短路径,并将结果将显示在地图上(参见图 17)。



图 17 最短路径查询

随着用户沿路径浏览地图,LBS-p Mobile 将在地图数据缺失时实时访问 LBS-p Server 的 Byte-Map 数据服务模块,请求缺失的数据,并在获得这些数据后完成显示(参见图 18)。

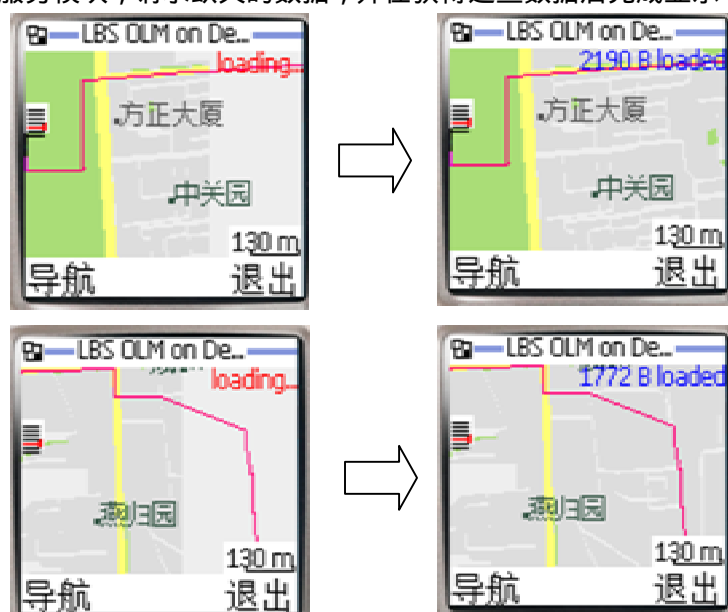


图 18 地图数据缺失及在线请求

最终,导航服务指导用户到达目的地“北京航空航天大学(北门)”,如图 19 所示。



图 19 到达目的地

6. 结论

为满足 LBS 用户随时随地的需要、以在线模式提供地图服务及其它 GIS 服务，本文提出了轻量二进制矢量地图数据格式 Byte-Map，制定了 Byte-Map 数据请求与应答协议，设计实现了服务器端的在线地图服务模块和移动终端的模块，实现了一个支持在线地图服务的 LBS 支撑平台 LBS-p。LBS-p 为 C/S 架构，由运行在移动设备上的 LBS-p Mobile 和服务器的 LBS-p Server 组成。LBS-p Mobile 是一个基于 Java ME 平台的应用程序，负责在线地图数据的请求、管理及显示，以及 LBS 的访问与结果展示。LBS-p Server 主要包括三个部分：负责为在线地图服务准备地图数据的 Byte-Map 数据预处理机制，负责响应移动终端的在线数据请求、实时为其提供在线地图数据的 Byte-Map 数据服务模块，以及面向 LBS 的 GIS 服务模块。本文着重介绍了 LBS-p 如何利用轻量地图数据格式 Byte-Map、通过服务器端的在线地图服务模块和 LBS-p Mobile 实现在线地图服务，并通过一个应用实例验证了 LBS-p 的在线地图服务对 LBS 应用的支持。

参考文献

- [1] Google Mobile Maps: <http://www.google.com/gmm>
- [2] Feixiang CHEN, Chongjun YANG, Wenyang YU, Xiaoqi LE, Jianyu YANG, Research on Mobile GIS Based on LBS, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS '05. Proceedings, 2005, pp. 901-904
- [3] Li Dong, Zhang Yongxiong, Yu Bingjun, Gu Ning, Peng Yuhui, Research on Mobile SVG Map Service Based on Java Mobile Phone, Asia-Pacific Service Computing Conference, 2007, pp. 454-457
- [4] Heien-Kun Chiang, Hown-Wen Chen, Long-Chyr Chang, Feng-Lan Kuo, Neng-Fu Lin, SVG Map Delivery Scheme for Resources Constrained Mobile Phones, Wireless Communications and Networking Conference, 2007, pp. 2523-2528
- [5] Shwu-Jing Chang, Gong-Ying Hsu, Shian-Jia Huang, Location-aware mobile transportation information service, Mobile Technology, Applications and Systems, 2005
- [6] TinyLine: <http://www.tinyline.com/svg/index.html>
- [7] 罗英伟、黄宝琦、汪小林、许建功、许卓群，轻量级 WebGIS 系统 PKGML，《计算机辅助设计与图形学学报》，2005，Vol.17，No.4：852~861
- [8] 巩伟，LBS 支撑平台 LBS-p 中数据预处理与在线服务技术研究，北京大学硕士学位论文，2008.6
- [9] 辛靖，LBS 支撑平台 LBS-p 中移动终端地图数据格式及数据策略研究，北京大学硕士学位论文，2008.6

作者: [罗英伟](#), [汪小林](#), [庞潇](#), [邢舟](#), [王海波](#)
作者单位: [北京大学计算机科学技术系, 北京, 100871](#)

本文读者也读过(10条)

1. [导航开发平台产品模式助推LBS产品应用创新与发展](#)[期刊论文]-[通信市场](#)2009(11)
2. [杨艳](#) [LBS位置服务解疑](#)[期刊论文]-[卫星与网络](#)2008(12)
3. [张加桐](#), [张凌云](#), [王林](#), [Zhang Jiatong](#), [Zhang Lingyun](#), [Wang Lin](#) [城轨交通无线公网多系统接入平台\(POI\)方案探讨](#)[期刊论文]-[现代城市轨道交通](#)2009(4)
4. [罗春华](#), [唐诗华](#), [谭庆林](#), [李景文](#), [Luo Chunhua](#), [Tang Shihua](#), [Tan Qinglin](#), [Li Jingwen](#) [LBS空间数据内容与管理方法](#)[期刊论文]-[中国水运\(学术版\)](#)2006, 6(11)
5. [刘鹏](#), [康建初](#), [诸彤宇](#), [LIU Peng](#), [KANG Jian-chu](#), [ZHU Tong-yu](#) [导航终端中的兴趣点数据压缩检索技术](#)[期刊论文]-[计算机工程](#)2009, 35(14)
6. [王庆社](#), [邓南](#), [刘宁](#), [WANG Qing-she](#), [DENG Nan](#), [LIU Ning](#) [兴趣点的检查算法研究与实现](#)[期刊论文]-[北京测绘](#)2009(4)
7. [王方雄](#), [满慧嘉](#), [WANG Fangxiong](#), [MAN Huijia](#) [基于GML的网络GIS数据互操作方法研究](#)[期刊论文]-[地理空间信息](#)2008, 6(5)
8. [王西点](#) [LBS在移动新业务中的应用](#)[期刊论文]-[通信世界A](#)2008(37)
9. [王龙波](#) [基于GPS与实景影像的POI快速采集技术](#)[期刊论文]-[中国科技信息](#)2007(12)
10. [柳林](#), [李万武](#), [王萍](#), [李英](#), [孙翠羽](#) [GIS创新实习平台的构建](#)[期刊论文]-[地理信息世界](#)2010, 8(1)

引用本文格式: [罗英伟](#), [汪小林](#), [庞潇](#), [邢舟](#), [王海波](#) [LBS-p:一个支持在线地图服务的LBS支撑平台](#)[会议论文] 2008