**移动终端离线电子地图应用框架研究**

李 锋，明 镜，王昌翰 (重庆市勘测院，重庆 400020)

**摘 要:** 随着 iOS、Android 等移动终端的广泛普及，移动终端电子地图应用越来越普遍。针对基于离线缓存的电 子地图应用现状，本文设计了基于 ArcGIS 的移动终端离线电子地图应用框架，构建了离线电子地图 API，实现了 瓦片数据加密打包、同步工具。实验证明，本文实现了瓦片数据安全组织和高效访问，较好地解决了移动终端离 线电子地图应用的快速构建、数据集成、安全和更新等问题。

**关键词:** 移动终端; 离线缓存; 电子地图

【中图分类号】P208 【文献标识码】A 【文章编号】1009-2307(2013)06-0129-03 1

1引言

随着移动终端设备、移动通信技术、无线互联网技术 的发展，以及 GIS 在社会生活中的广泛应用，移动终端的 电子地图应用越来越普遍［1-2］。移动终端电子地图按数据获 取和部署情况分为两种模式，一种是在线数据模式，一种 是离线数据模式［3］。前者使用无线网络传输地图数据，由 于信号覆盖范围和传送速度的限制，一般适合于数据实时 采集和实时更新的场合; 后者将地图数据随程序部署到移 动终端上，能够适应无网络或者网络稳定性差的场合，具 有数据访问速度快，系统响应及时的优势。根据移动终端 的硬件软件不同，移动终端电子地图的实现方式也各有特 色。谭萤雪等实现了 PDA 平台的电子地图的读取和绘 制［4］; 徐化龙研究了基于 Windows CE 的电子地图系统［5］; 王小军等探索了基于 ArcGIS 的瓦片切割和更新的方法［6-8］; 余颖等研究了基于 ArcGIS 和 Flex 的离线地图浏览方式［9］， 实现了以文件夹层次结构存放地图瓦片数据。 在移动终端电子地图的现有实现方法中，存在着以下 问题: ①没有一整套涵盖数据集成到数据访问的解决方案; ②不支持移动终端的数据打包，海量的小文件导致数据部 署缓慢，可维护性差; ArcGIS 9 只提供了数据文件分散的 方式，ArcGIS 10 提供了打包和分散两种方式，但这些数据 存储方式均只能应用于服务器端［10］; ③不支持瓦片数据加 密，数据安全性差。针对这些问题，本文研究设计移动终 端离线电子地图应用框架。

1. 应用框架结构设计

移动终端离线电子地图应用框架的设计目标是: ①快速 构建高可靠的地图应用，支持离线地图瓦片数据访问; ②能 够管理地图瓦片数据，包括生成、加密、打包、更新等操作。

2. 1 总体架构

移动终端离线电子地图应用框架的主要设计思路是在 ArcGIS 运行时基础上扩展设计离线瓦片层，构建离线瓦片 地图应用框架，并围绕瓦片数据的生成、加密、打包、更 新等核心问题，实现瓦片数据管理 API，移动终端离线地图 应用总体架构如图 1 所示。 图 1 总体架构图 移动终端硬件平台是指运行着 iOS、Android、Windows Phone 系统的各种智能手机和平板电脑平台。在硬件平台基 础上，ArcGIS 发布了相应的 SDK 接口。本文在移动终端的 ArcGIS SDK 之上，设计移动终端电子地图 API，进而实现 瓦片数据管理 API 和瓦片地图应用框架，将数据访问层、 核心逻辑层和 ArcGIS 提供的视图展现层绑定起来，从而为 离线电子地图提供一个快速有效的解决方案。

2. 2 结构设计

按照视图控制器模式，移动终端离线电子地图应用框 架分为视图层、核心逻辑层、数据访问层三个部分，应用 框架结构设计如图 2 所示。 图 2 结构设计图 在系统初始化时，完成 UI 视图的初始化，并添加离线 瓦片层。离线瓦片层调用相应的配置文件解析接口完成瓦 片元数据的解析。在离线瓦片层初始化完成以后，ArcGIS 自动根据当前地图浏览级别和范围进行异步瓦片请求和加 载，其实现机制是建立一个离线瓦片请求操作，然后加入 到操作队列中，然后由 ArcGIS 进行异步执行。 在数据获取时，显示前端根据当前级别和位置，多线程 请求调度相应的瓦片数据。调度线程的核心逻辑是解析瓦片 UＲL，获得其中的瓦片集名以及级别、行、列 3 个字段，然 后调用瓦片缓存读取 API，访问加密并打包的瓦片数据，结 果返回相应的内存数据块，然后通过图像读取接口解析为可 绘制的瓦片图片，提交给绘制前端电子地图视图层使用。

1. 瓦片缓存数据库集成与访问

3. 1 瓦片缓存生成方法

电子地图瓦片缓存包含了不同等级集合的缓存地图图 片，以及缓存配置文件 conf. xml。瓦片缓存目录结构是按 照级别、行、列三级结构组织的。其生成方法有两种，第 一种是使用 ArcGIS Server 的地图缓存功能，第二种是自定 义的瓦片切割接口及工具。 地图服务在发布后，ArcGIS Server 可以依照指定的缓 存级数将数据库中的地图数据转换成不同级别的静态图片 并存储在 Web 服务器中。客户端从缓存中获取静态的瓦片 来代替动态渲染的地图服务。

生成地图缓存主要步骤有:

①使用 ArcMap 编辑地图文档;

②使用 ArcGIS Server 发布地 图服务;

③使用 ArcCatalog 访问地图服务并生成瓦片缓存。

使用自定义的瓦片切割接口及工具步骤包括:

①栅格 数据及相关参数准备;

②生成瓦片元数据描述信息;

③使 用第三方栅格图像程序库实现瓦片自动切割。

3. 2 瓦片缓存数据库模式设计

电子地图瓦片缓存生成以后，默认是按照级别比例尺- 行-列三级结构组织，每个瓦片是 256 × 256 大小，文件格式 是 JPG/PNG，长度一般小于 16KB。海量的瓦片数据存在两 个问题: ①文件以明文存放，数据安全性差; ②文件数目 多而细碎，瓦片数据包部署复杂，可维护性差; ArcGIS 10 虽然支持打包的瓦片缓存，但在瓦片缓存加密等方面支持 不足。因而本文设计了基于 Sqilte 嵌入式数据库和 ＲC4 加 密算法的瓦片缓存加密打包机制，解决瓦片缓存加密和打 包的问题。瓦片数据库模式设计如图 3 所示。 图 3 数据库模式设计图 移动终端离线电子地图打包数据支持瓦片缓存元数据 的存储，主要元数据字段包括: ①瓦片缓存名; ②相应的 瓦片数据表名; ③瓦片缓存范围; ④瓦片栅格图片信息; ⑤瓦片缓存空间参考信息; ⑥瓦片缓存各级 LOD 配置。该 打包方案支持多个地图瓦片集，每一个瓦片集对应于一个 瓦片数据表。瓦片数据表使用 BLOB 类型存储相应的瓦片 数据，瓦片数据以级别、行、列 3 个字段进行联合索引。 本文选择 Sqlite 作为二进制的瓦片数据容器，原因是: ①Sqlite 是移动终端自带的数据库，部署简单; ②Sqlite 提 供标准 SQL 访问接口，简洁高效; ③PC 端和移动终端都支 持 Sqlite，对于数据部署和更新问题，Sqlite 存储方案具有 突出的优势。 对于电子地图瓦片数据的管理，该应用框架提供了管 理工具，以图形化的方式提供数据瓦片生成、二进制数据 加密、数据打包集成、数据更新等操作，支持 ArcGIS 的分 级分文件夹存储的分散瓦片数据的集成和更新。

3. 3 瓦片缓存数据库管理和访问

API 在移动终端离线电子地图瓦片数据模式的基础上，设 计瓦片缓存数据库访问 API。该 API 封装了瓦片缓存元数据 信息、读取接口及实现、管理接口及实现等功能，支持数 据包的打开、关闭、元数据获取、瓦片数据获取; 支持获 取缓存名称列表，创建缓存、删除缓存，更新缓存元数据 和各级瓦片数据等。 在实现机制上，采用不同平台和语言实现相同的 API 接口。在 iOS 平台下基于 C + + 语言实现，和 iOS 本身支持 的 Objective-C 进行混合编译; 在 Android 平台下基于 Java 语言实现。在部署机制上，随电子地图应用部署访问接口 的 dll 和 jar 文件; 但地图瓦片管理接口的 dll 文件，不随电 子地图应用一起发布，主要在数据生产集成环节使用。 综合起来，电子地图瓦片生成、打包加密集成、数据 部署、数据离线访问各个环节结合起来，以应用框架的方 式，提供了移动终端的离线电子地图解决方案。

1. 实验

在设计和实现了移动终端离线电子地图应用框架以后， 本文已成功实施了基于 iPad 和三星 Android 移动终端的电子 地图应用中。针对该应用框架，本文进行了相关的性能试 验。( 硬 件 环 境: ① 数 据 集 成 PC 机: Intel 双 核 E4500， 2. 2GHz，内存 2GB; ②iOS 移动终端: iPad2 平台; ③Android 移动终端: 三星 Galaxy Tab P6800，16GB，双核1. 4GHz)

4. 1 数据加密打包实验

数据加密打包实验主要测试分散文件和加密打包后的 磁盘占用、部署时间等。使用重庆某比例尺为 1∶ 4000 地图 39 张，层级共 3 级，文件总计大小 278MB，测试结果如表 1 所示。 表 1 数据加密打包实验结果 ArcGIS 分散瓦片 本文方法 数据改进 文件数目 32975 1 加密打包，提高数据安全性 磁盘占用 341MB 289 MB 减少 15% 部署时间 15 分 17 秒 1 分 4 秒 降低 93% 从表 1 可以看出，基于 Sqlite 的加密打包模式将缓存图 片存储在一个缓存数据库中，显著减小了小文件的数量， 比传统的松散缓存占用的磁盘空间少，降低了磁盘浪费率; 同时数据包可以快速的在计算机和移动终端之间拷贝/移动 /删除缓存，大幅度节省了数据部署时间，有利于在过渡环 境和生产环境之间复制缓存。同时，数据以 ＲC4 算法加密 存储于 Sqlite 的 BLOB 字段，和以原始明文存放的分散瓦片 文件相比，提高了安全性。

4. 2 数据访问实验

数据访问实验主要测试分散文件和加密打包后的数据 访问对比。使用重庆某比例尺为 1∶4000 地图 39 张，层级共 3 级，文件总计大小 278MB，测试结果如表 2 所示。 表 2 数据访问实验结果 ArcGIS 分 散瓦片(ms) 本文方 法(ms) 性能改进 访问 1 个瓦片 1. 24 0. 77 时间降低 38% 访问 6 个瓦片(1 行) 5. 67 1. 96 时间降低 65% 访问 24 个瓦片(1 个级别) 21. 48 6. 65 时间降低 69% 访问 955 个瓦片(1 个缓存集) 718. 33 161. 44 时间降低 77% 从表 2 可以看出，基于 Sqlite 的加密打包模式将缓存图 片存储在一个缓存数据库中，基于内存页面缓存，显著降 低了磁盘文件访问次数，比传统的松散缓存文件相比，随 着瓦片访问数量的增加，数据访问性能提高就越明显。主要原因是: ①缓存打包文件节省了磁盘访问次数，降低了海 量琐碎文件访问的开销; ②Sqlite 数据库支持数据访问缓 存，提高了数据访问的性能。 5 结束语 针对基于离线缓存的电子地图应用现状，本文设计了 基于 ArcGIS 的应用框架，构建了离线电子地图 API，实现 了瓦片数据加密打包、同步工具。本文已经应用于实际的 离线缓存的电子地图项目，体现出以下优势: ①该应用框 架能够快速开发离线瓦片缓存电子地图应用，支持电子地 图浏览、POI 查询等常见功能; ②自定义瓦片数据加密打 包格式，提高了数据安全性，与分散的海量瓦片文件相比， 提高了磁盘利用率，降低了数据部署时间; ③充分利用移 动终端自带的 Sqlite 嵌入式数据库，提高地图瓦片数据的访 问性能。该应用框架进一步的发展方向是支持多种加密算 法，进一步支持和完善移动终端离线电子地图相关功能， 降低应用开发、数据集成等环节的复杂性。