

# 基于移动网络的气象实况服务实现<sup>①</sup>

张正文, 薛冰, 惠建忠

(中国气象局 公共气象服务中心, 北京 100080)

**摘要:** 随着经济社会不断发展, 气象实况服务在群众中生活作用日益凸显, 准确快捷的提供气象实况信息可以辅助公众日常决策, 为生活、出行等提供有益指导. 目前国内大多数气象实况服务建立在 Internet 基础上, 通过 Ajax、Flex 等技术手段为用户提供实时交互服务, 国外已开展利用移动网络、结合语音识别等技术为用户提供更为便捷的服务. 本文设计实现的基于移动网络的气象实况服务主要针对移动终端用户, 在考虑气象部门服务模式的约束前提下, 通过移动终端设备定位功能获取用户所在地的地理位置信息, 找出临近自动气象站, 获取临近位置的实况观测信息并快速返回给用户以实现实况服务. 作为一种技术实现, 本文的研究是 Internet 的一个有益补充, 并在多个业务领域具有较好拓展性和指导意义.

**关键词:** 移动网络; 气象实况服务; 射线法

## Real-Time Meteorological Service Implementation Based on Mobile Network

ZHANG Zheng-Wen, XUE Bin, HUI Jian-Zhong

(Public Weather Service Center, China Meteorology Administration, Beijing 100080, China)

**Abstract:** With the continuous economic and social development, real time meteorological service has become more and more important in people's daily life. Accurate and efficient delivery of the weather information can assist in daily decision-making. At present, most of the real time meteorological service is established in the Internet based on Ajax, Flex and other techniques. Some foreign expert has carried out using mobile networks and voice recognition technology to provide more convenient services. This paper introduces a real time meteorological service implementation based on the mobile network for mobile end-user. Considering the constraints of the service mechanism of the meteorological department, this implementation is aimed to obtain the real time weather information of local weather station automatically by using the location function of mobile devices through request information. As a technical realization different from Internet, the work described in this paper can be used in other business areas.

**Key words:** mobile network; real-time meteorological service; ray-method

随着移动终端功能不断发展, 通过移动网络发布公众所需气象要素信息已成为气象服务重要途径之一. 气象实况观测数据具有准确性、实时性等特点, 对于人们日常生活、出行等事务安排具有无可替代的指导作用. 气象实况信息的发布涉及气象数据的地理范围、时间分布并需考虑安全性等要求, 准确方便快捷的将气象信息发布至用户是气象服务的难点和要求. 目前国内已逐步建立完成面向公众的服务机制和国家级、省市级等不同层次网络发布体系. 如中国天气网

通过 WebGIS 等技术丰富服务页面内容和产品表现形式, 用户通过互联网可浏览当地城市详情页或使用 WebGIS 产品查询交通道路天气实况等信息, 通过定制所需城市一定程度上减轻了用户交互复杂度, 增强了服务过程中用户交互体验<sup>[1]</sup>.

移动网络具有覆盖面积广、使用用户多、入网设备可移动性、精确定位、实时接入等特点, 3G 的广泛应用为用户提供了更丰富网络接入方式并大幅提高了网络速度, 有效利用移动网络为用户提供气象服务已

<sup>①</sup> 收稿时间:2013-04-09;收到修改稿时间:2013-05-13

成为面向公众气象服务的重要方式. 国外已有相关机构结合语音识别等技术建立服务流程与系统框架, 试图为用户提供更为周全便捷的气象服务, 包括实况信息和预警信息等<sup>[2]</sup>. 气象服务业务流程须保证气象数据的时效性, 本文设计实现的基于移动网络的气象服务在考虑到气象数据发布要求的基础上, 能够准确的通过移动网络定位获取用户所在地气象实况信息返回至用户终端, 本文的研究为以移动网络为载体的气象实况服务提供了探索与实践, 并为相关业务拓展提供了指导.

### 1 系统设计

图 1 描述了系统框架及主要模块调用关系, 本系统主要包括三个部分: 显示层、索引缓存管理器、核心数据库. 显示层属于网络服务的入口和出口, 显示层通过 Web Server 获取用户请求信息并最终提供实况数据至用户. 本文采用 Java EE 技术实现相关组件. Web Server 可得到 ISP 提供商封装的包含用户所在地经纬度信息的请求. 索引缓存管理器是业务逻辑层的主要部分, 用来构建系统所需空间数据并提供空间分析功能, 本系统的地理数据来源于 Micaps 系统<sup>[3]</sup>, 地理范围数据主要以文本文件的格式保存, ISP 提供商可获取用户终端所在地点经纬度, 通过此经纬度判断用户所在地归属自动站服务范围, 气象实况数据主要来源于约 2600 个遍布全国的自动气象站, 这些自动站在地理空间范围内分布不均, 且分别属于不同的行政区划. 例如某用户附近有 A、B 两个自动站, 用户所在位置与 B 自动站同属一个县级行政区划但距离较远, 按照行政区划归属原则, 此时用户得到的气象信息应该来自 B 自动站, 实际上用 A 自动站作为该用户所在地的替代站更为贴切, 另一种可能情况是由于地理条件的限制, 地理空间某点采用距离更远的气象站作为该点的替代站更为合适. 现实应用中, 由于自动站观测点数据在一定地理范围内具有代表性, 气象服务通常将此自动站作为其具有代表性地理范围内其它点的替代站(下文中将此地理范围称为自动站的可替代范围). 这种使用方式是插值方法的一个有效补充, 其本质问题是解决在连续的数据曲面中科学使用离散点的测量数据. 本文根据这种使用方式设计了基于移动网络的气象实况服务, 核心数据库使用 Oracle 存储各气象自动站最新实况信息, 主要包括风速、风向、温度、湿

度、气压五要素, 数据库本身不保存气象站基本信息, 系统通过查询自动气象站编号获取相关实况.

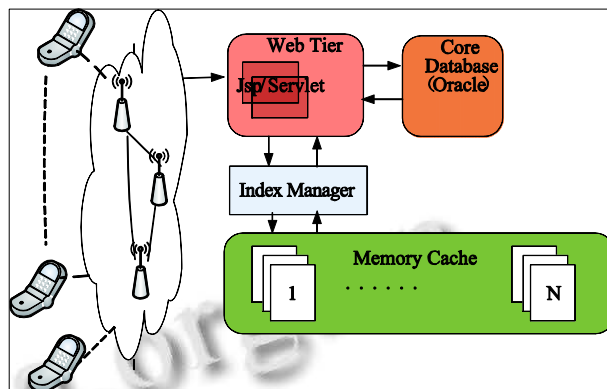


图 1 系统框架

系统业务流程如图 2 所示:

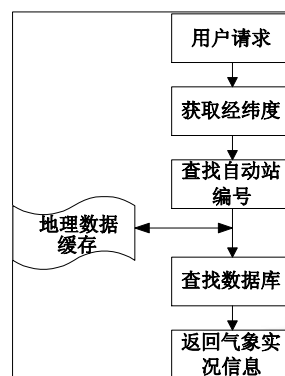


图 2 系统使用流程图

用户请求中将包含信号源的经纬度信息, 本系统将根据此经纬度查找所在地临近自动站, 由于自动站可替代范围并不是以自动站为中心的一定半径范围, 系统无法采用最短距离查找自动站, 本系统采用索引与射线法结合查找相应临近自动站, 在使用索引之前, 需要将地理数据预处理并载入缓存, 执行步骤为:

- Step1 将地理数据预处理成经纬网格切片数据
- Step2 分配向量存储空间缓存经纬网格并给空间各单元建立索引号
- Step3 将自动站可替代范围与切片后的经纬网格做相交检测, 如果相交则将自动站可替代范围(通常用简单多边形表示)放至相应经纬网格存储单元缓存.

Web Server 接收到的用户请求参数中包括用户经纬度信息, 系统根据此经纬度查找相应索引缓存单元, 此缓存单元存储若干自动站, 系统使用顺序查找判定

用户所在经纬度点是否属于自动站服务的多边形范围内,直到找到自动站编号为止.此时查找次数最坏的情况视经纬网格切片大小所决定,整个过程计算复杂度为  $O(n)$ .

系统响应用户请求的执行步骤如图 3 所示:

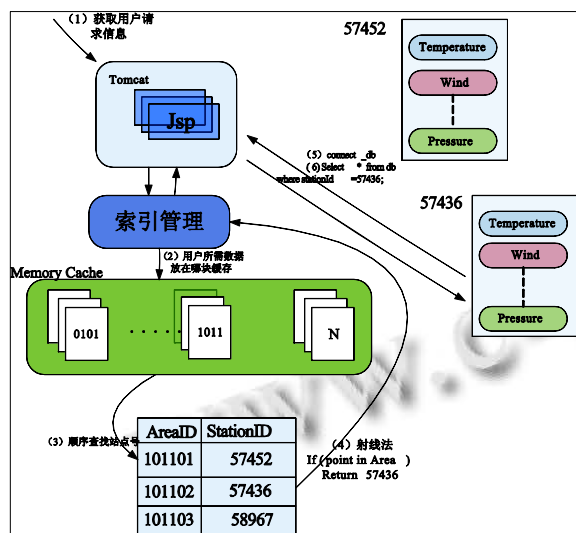


图 3 系统响应执行过程

## 2 关键技术

气象数据服务需满足行政区划、业务管理、安全性、科学性等多方面要求,预报数据通常由大型机运行数值模式计算得出,业务主管部门通常发布多种气象产品满足公众服务需要,包括图形、文字、表格等.涉及 LBS 服务时,不同气象要素可采取不同降尺度方法得到所需信息<sup>[4,5]</sup>.较之预报数据,实况观测数据服务更多受到应用场景的限制,区别于多源数据网格化处理<sup>[6,7]</sup>,本系统利用各自动站在观测范围内的观测数值具有一定代表性的特征,设计实现包含地理信息的实况数据高速缓存机制,其中,Hash 键的计算公式综合考虑地理网格、自动站观测范围、实况数据等不同数据特征及相互计算关联需求,通过采用索引和射线法相结合,有效解决不同统计单元下离散型实况气象数据难以存储和使用等问题.

### 2.1 索引缓存机制设计

GIS 学科具有广泛的应用,气象领域许多业务系统都采用了 GIS 的概念和技术<sup>[8]</sup>,由于地理数据具有空间属性,关于如何有效使用地理数据也已成为现代数据库的研究热点,一般来说,结合硬件能力和业务

需求因地制宜设计合适数据结构是行之有效的方法,工程中需考虑硬件设备速度、缓存容量调优、数据块大小等因素<sup>[9]</sup>.

本文通过划分经纬网格减少查询范围降低计算复杂度,系统启动时 Web Server 将 2000 多个自动站的服务范围文本文件载入内存缓存,由于地理数据只用于计算,本系统使用单例模式管理地理数据,单例模式保证机器内存中仅有一个实例,并提供一个访问它的全局访问点,具有多线程安全性<sup>[10]</sup>.

在数据预处理阶段,本文采用分布式系统常用的切分数据思路,将不同自动站分放在代表不同的网格范围对象 Item 上.如果自动站服务范围与此 Item 代表的网格范围相交,则自动站在此 Item 进行缓存.每个 Item 保存的不是一个自动站,而是多个自动站范围.

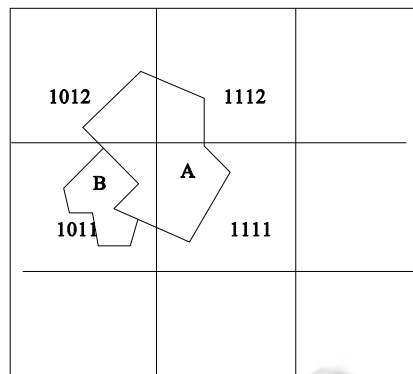


图 4 经纬网格与自动站相交检测

图 4 描述了自动站服务范围与经纬网格相交检测两种典型情况:其中,自动站服务范围由多边形表示,多边形内部字母为该服务范围的自动站编号.在 key 值为 1011 所代表的经纬网格范围内,自动站 A、B 均与之相交,其中 B 为全包含关系.key 值为 1011 所分配的 Item 中需缓存 A、B 两个自动站服务范围.

查找操作时,也是根据用户经纬度生成 key 值寻找对应的 Item.多数系统使用 Hash 算法生成 Key 值并分配对应存储空间,由于自动站数量较少,本系统使用向量空间缓存,系统根据用户经纬度生成的 key 值查找对应的 Item,在 Item 内部顺序查找每个自动站范围,碰到的第一个 node 即为所需.由于每个自动站服务范围为多边形,在划分经纬网格时,一个自动站服务范围可能会与多个网格相交,此自动站需在多个网格 Item 中保存.根据网格划分精度的不同,数据冗余程度有所区别,最坏情况下,在 Item 内部顺序查找自

动站范围的运算次数有所不同. 根据用户经纬度生成 key 值算法如下

$$Y_{key} = f(x_{lon}, x_{lat}) = Round(\frac{x_{lon} - 73}{range_{lon}}) * 100 + Round(\frac{x_{lat} - 3}{range_{lat}}) \quad (1)$$

其中: Round 为取整函数, 例如 Round(15.34)=15, range<sub>lon</sub> 和 range<sub>lat</sub> 均为经纬网格常量, 本文根据中国地理范围采取经纬度各间隔约 4 度划分网格, range<sub>lon</sub> 的值为 15, range<sub>lat</sub> 的值为 12, 根据上述公式, 例如用户所在经纬度为(115.2, 29.23), 则 Y<sub>key</sub> 的值为 0202.

### 2.2 判断点与多边形关系算法

判断点与多边形算法主要有点积求夹角和法、近似求夹角和法、方位角求夹角和法、Q 算法和射线法等, 各算法使用范围及复杂度如表 1 所示<sup>[11]</sup>:

表 1 算法适用性和效率分析

| 方法       | 使用范围                         | 复杂性 |
|----------|------------------------------|-----|
| 点积求夹角和法  | 不包含岛(或洞)的任意多边形               | 高   |
| 近似求夹角和法  | 不包含岛(或洞)的任意多边形且多边形的边数小于等于 44 | 高   |
| 方位角求夹角和法 | 不包含岛(或洞)的任意多边形               | 高   |
| 铅垂线内点法   | 包含岛(或洞)的任意多边形                | 较高  |
| Q 算法     | 不包含岛(或洞)的任意多边形               | 较高  |
| 射线法      | 包含岛(或洞)的任意多边形                | 较高  |

本文采用射线法进行用户所在经纬度与地理范围关系判定, 各自动站的观测地理范围采用经纬度点首尾相连的多边形表示, 射线法的原理是过要判断的点水平向右作一条射线(或铅垂线), 求得射线与多边形的交点个数, 如图 5 所示, 交点个数为奇数, 点在多边形内部, 交点个数为偶数, 点在多边形外部. 这种方法不但适合于任意凸、凹多边形而且适合于甚至有孔的多边形, 当然如果铅垂线恰好交于多边形的顶点或边上时, 这时只需计算一侧的交点个数即可.

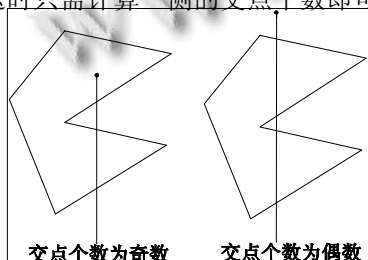


图 5 射线多边形交点个数示意图

射线法的算法步骤为:

Step1 已知点 Point 和多边形 Polygon

Step2 以 point 为起点, 以无穷远为终点做平行于 X 轴的直线 line

Step3 循环取得多边形 Polygon 的每一条边 side, 且判断是否平行于 X 轴, 如果平行略过; 如果已循环结束, 跳至 Step 6

Step4 取边的同时判断 point 是否在 side 上, 如果是, 则返回 1(点在多边形上), 否则继续下面的判断;

Step5 判断线 side 与 line 是否有交点, 如果有则 count++, 判断结束继续取下一条.

Step6 循环结束, 判断交点的总数, 如果为奇数则返回 0(点在内), 偶数则返回 2(点在外部).

判断点是否与边相交多采用向量叉积计算, 射线法的简单之处就是利用射线与多边形的交点的奇偶性来判断点与多边形的拓扑关系, 其复杂度取决于叉积计算和判断次数. 射线法在 GIS 和计算机图形学等领域已有广泛的应用<sup>[12]</sup>.

### 3 性能测试

本系统部署硬件环境为 IBM3650, 操作系统 Debian 6.0, 软件环境为 Tomcat 6.0+Java 1.6, 本文使用压力测试工具 JMeter 模拟十个用户发送访问请求, 测试结果显示系统在每秒千个以上并发压力下运行正常, 图 6 为各量化指标测试结果, 包括单击时间(并发条件下单次请求间隔时间)、首字节传输时间、服务器连接时间、DNS 解析时间、本地 Socket 建立时间, 横轴表示测试持续时长, 纵轴表示不同指标对应测试后某时刻的测试值, 其中, 在请求发送后, 连接服务器和首字节传输时间耗时峰值均不超过 25ms.

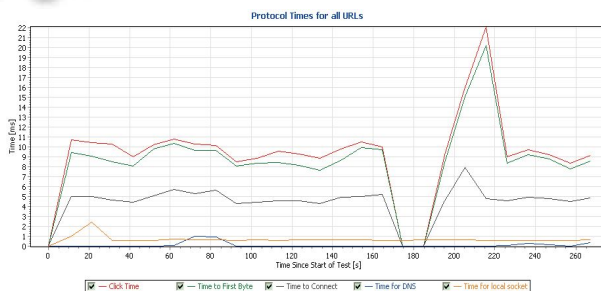


图 6 通信协议耗时分析

### 4 结论分析

经济社会的发展、生活节奏的加快对气象服务提出了更高的要求, 及时的服务在关键时刻对人身财产安全起到无可替代的保障作用, 利用多种渠道、多种



技术解决“最后一公里”障碍成为各学科专家、服务人员致力于解决的难题,本文研究初步实现了基于移动网络展开气象服务的技术组件,解决了利用移动网络时气象服务站点归属的问题,具有以下特点:

1) 目前大多数用户需通过在移动设备安装专门天气软件客户端查询实况,这些客户端较常采用 IP 判断用户所在区域,由于入网方式的不同,例如代理机制等致使服务器脚本判断错误导致用户需手动选择,增加用户交互复杂度并影响天气实况服务进一步拓展,本文在此基础上使用移动网络定位提供实况服务,是 Internet 门户服务手段一个有益补充。

2) 多数气象服务后台支撑庞大,有些需要安装专门的 GIS 软件如 ArcGIS、SuperMap 来提供空间分析等功能,本文通过划分经纬网格建立索引缓存机制提供了移动终端服务一个轻量级实现,在保证效率的前提下较好的解决了数据计算中所需空间时间资源紧张的问题。

3) 本文系统具有较好拓展性,输出结构化数据可为其它气象服务进行后台支撑。

实况观测是气象预报的数据基础,科学有效利用包含地理信息的多源数据是气象领域的研究热点<sup>[13]</sup>,本文设计实现的后台组件已在中国天气通等 App 中得到应用,系统的技术路线可用于其它需利用气象实况的相关研究。在今后的研究工作中,结合语音技术、文本挖掘等方式更加深入的拓展服务方式和效率将是进一步的尝试方向。

### 参考文献

1 陈钻,薛冰,柳晶.基于 WebGIS 的台风海洋气象信息综合服务

(上接第 212 页)

GPS 接收器和地图匹配算法实现 GPS 定位,利用 A\* 算法实现最优距离设计,同时实现在 S3C2410 开发板上嵌入式显示系统应用软件的开发,利用 LCD 显示技术,实现地图显示.使用标准库函数,具有很好的平台无关性,方便移植到车载或手机等其它平台,易于应用扩展。

### 参考文献

1 方成,杨超云.基于 GPS 车辆定位导航系统设计与实现.轻

务平台设计,第七届全国优秀青年气象科技工作者学术研讨会论文集.

2 Villarejo L, Hernando J, Castell N. VoiceXML in real automatic meteorological information system. <http://nlp.lsi.upc.edu/papers/villarejo03a.pdf>.

3 李月安,曹莉,高嵩,罗兵.Micaps 预报业务平台现状与发展.气象,2010,36(7):50-55.

4 孙和平,罗少聪.中国及其邻区地表气象数据预处理和网格化数值结果分析.地壳形变与地震,1998,18(3):51-56.

5 覃丹宇,沈桐立,丁治英.中尺度数值模式的自适应网格设计.南京气象学院学报,1998,21(2):243-250.

6 廖顺宝,李泽辉.基于 GIS 的定位观测数据空间化.地理科学进展,2003,22(1):87-93.

7 范一大,史培军,辜智慧,李晓兵.行政单元数据向网格单元转化的技术方法.地理科学,2004,24(1):105-108.

8 郭伦,刘瑜,张晶.地理信息系统:原理方法和应用.北京:科学出版社,2005.1.

9 Garcia-Molina H, Ullman JD, Widom J. Database System Implementation(2nd Edition).北京:机械工业出版社,2010:591-612.

10 Gamma E, Helm R, Johnson R, Vlissides J. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Orient Software the first edition. Addison Wesley, 1995.

11 王润科,张彦丽.判断点与多边形位置关系的算法综述.甘肃联合大学学报,2006,20(6):32-41.

12 刘德儿,王永君,闫国年.基于向量代数的点与多边形关系推理.大地测量与地球动力学,2011,31(2):89-93.

13 冯锦明,赵天保,张英娟.基于台站降水资料对不同空间内插方法的比较.气候与环境研究,2004,6:261-277.

型汽车技术,2012(1):14-17.

2 刘金星,李洪文.基于高速单片机的 GPS 接收系统设计.信息化研究,2010(3):31-34.

3 杨云,孙向军等.一种启发式遗传算法及其在最短路径求取中的应用.计算机工程与应用,2003(1):12-14,38.

4 郭晶,刘广军等.嵌入式导航系统的最短路径算法研究.装备指挥技术学院学报.2005(5):100-103.

5 孙天泽,袁文菊,张海峰.嵌入式设计及 Linux 驱动开发指南.北京:电子工业出版社,2005.