

# LBS的数据处理技术

陆 锋 段滢滢 袁 文

中国科学院地理科学与资源研究所

关键词：基于位置的服务 数据处理

## 引言

基于位置的服务（LBS）是在移动环境下，利用地理信息系统（GIS）技术、移动目标定位技术和网络通信技术，基于移动对象空间位置提供信息服务的技术体系。随着上述技术的发展及谷歌地球系列产品的推波助澜，以往只在电影中出现的基于位置的服务迅速平民化，成为信息产业中新的经济增长点。

由于所处的视角和关注的重点存在差异，不同的行业和领域对基于位置的服务有着不同的理解。对通信和广播行业而言，基于位置的服务被视为由移动终端（移动电话、数字收音机和移动电视）、在线地图引擎（如通用分组无线服务技术（General Packet Radio Service, GPRS）/码分多址（Code Division Multiple Access, CDMA）1X/3G/DAB（Digital Audio Broadcasting）/中国移动多媒体广播（China Mobile Multimedia Broadcasting, CMMB）和卫星/移动通讯蜂窝定位技术构成的增值服务系统；对于计算机领域，基于位置的服务往往意味着传感器网络的具体应用，已经发展成为热点研究领域——普适计算中最大的分支；对于地理信息产业，基于位置的服务是移动地理信息系统（Mobile GIS）和WebGIS的产业应用方式，是地理信息系统走向千家万户的理想通道，也是地理信息公众服务的核心；对于交通运输部门，基于位置的服务构成了智能交通系统（Intelligent Transportation System, ITS）应用的重要组成部分，是其理念的重要体现<sup>[1]</sup>。

基于位置的服务的硬件环境由通讯平台、定位平台和地图平台三部分构成（如图1所示）<sup>[1]</sup>。通信平台利用各种无线通信或数字广播技术将实时更新的地理空间信息、交通信息、社会生活服务信息和其他辅助信息及时、准确地传送给地图平台；定位平台利用卫星导航或其他地面无线定位技术实时确定移动目标的位置；地图平台负责地理空间信息管理、可视化、信息查询与实时引导等。

数据采集与处理是基于位置的服务的重要环节，也是其服务质量的保障基础。基于位置的服务所涉及的信息主要包括位置信息、地理空间信息和交通信息三类。位置信息记录移动目标所处的空间位置；地理空间信息描述移动目标所处的地理环境，如道路网络、建筑物、三维街景和遥感影像等；交通信息描述交通网络的运行状态，用于移动目标调度、出行导航等。

## 位置信息处理

快速、精确地确定移动目标的空间位置是多领域的研究重点。从早期的罗盘、惯性导航系统、信标，到后来的卫星定位、蜂窝定位、射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）定位，相关技术层出不穷。目前应用最为广泛的高精度移动目标定位技术可分为两类：卫星定位技术和地面三角测量技术。

## 卫星定位

全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite



图1 基于位置的服务平台结构

System, GNSS)是20世纪90年代中期国际民航组织以及欧洲空间局等倡导发展的一种全球性的位置和时间测定系统,主要包括全球定位系统(Global Positioning System, GPS)、全球导航卫星系统(GLONASS)、北斗卫星导航系统、广域增强系统(Wide Area Augmentation System, WAAS)、EGNOS<sup>1</sup>欧洲静地卫星导航系统、星载多普勒无线电定轨定位系统(Doppler Orbitograph and Radio Positioning Intergrated by Satellite, DORIS),以及正在建设的伽利略(Galileo)卫星导航定位系统和印度区域导航卫星系统(Indian Regional Navigational Satellite System, IRNSS)等。全天候为全球陆海空各类载体(飞机、船舶、导弹、汽车及个人手持设备等)连续提供高精度三维位置、速度和精密时间信息。全球导航卫星系统是适用范围最广的三维空间定位技术。

全球定位系统由美国研制和维护,在轨卫星24颗,可以为地球表面98%的地区提供准确的定位、测速和高精度的时间标准。移动目标最少只需接收

到3颗GPS卫星信号就能迅速确定所处的位置。GPS提供军、民两种定位精度,军码精度优于10m,只供美军及其盟友使用;民码精度20m左右,已对全世界开放<sup>[2]</sup>。

GLONASS由前苏联从20世纪80年代初开始研制,目前在轨卫星12颗。GLONASS与GPS兼容,虽然精度低于GPS,但GLONASS抗干扰能力强,并且打破了美国独家经营卫星导航的局面,并且可与GPS结合获得更高的定位精度。GLONASS计划于2011年前部署24颗卫星。一旦所有卫星部署完毕

并正常运行,全球80%的区域都可以接收到GLONASS信号<sup>[3]</sup>。

2000年,我国发射了2颗北斗导航试验卫星,成为世界上第三个拥有自主卫星导航系统的国家。2004年,我国正式启动了北斗卫星导航系统的建设。根据规划,2020年前,该系统将提供覆盖全球的导航、授时和短报文通信服务。北斗卫星导航系统提供开放服务和授权服务两种方式。开放服务在服务区免费提供服务,定位精度为10米。目前北斗卫星导航系统已在诸多领域发挥了重要作用<sup>[4]</sup>。

GNSS采用三维交会原理进行空间定位。通过测量多颗卫星到移动目标的距离,结合已知的卫星精确的实时位置信息,计算移动目标的三维坐标。定位精度取决于可接收到信号的卫星数量、空间分布及其移动目标到导航卫星的距离测量精度。定位精度可以通过多种差分方式得以提高。

## 地面三角测量定位

为了避免干扰地面雷达,卫星定位系统使用低

<sup>1</sup> EGNOS系统是欧洲自主建设的第一个卫星导航系统,它通过增强现在运行的GPS和GLONASS两个军用系统来满足高安全用户的需求。它是欧洲GNSS计划的第一步,是目前正在研发中的伽利略计划的前奏。

功率信号, 由于信号无法穿透建筑物, 因而不可避免地会出现定位遮挡问题。建筑物内无法利用卫星定位技术, 建筑物密集的城市中室外定位也会受到影响。因此, 在室内和建筑密集区域也可采用地面三角测量技术进行移动目标定位。地面三角测量定位技术利用多台位置已知的探测器在不同位置探测目标的方位或距离, 然后运用三角测量交会原理确定移动目标的位置, 如图2所示。

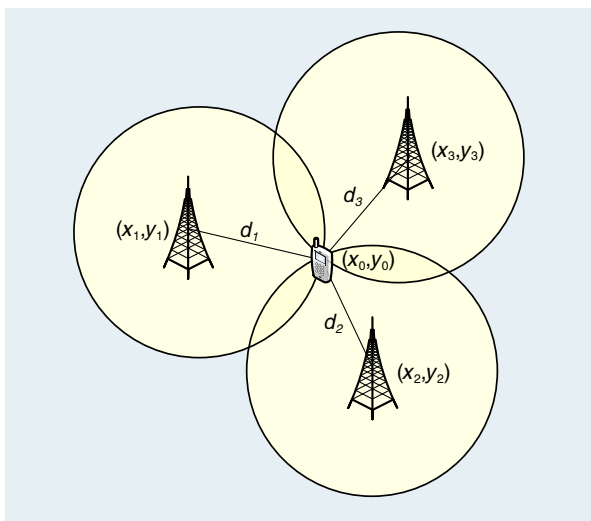


图2 地面三角测量交会定位原理

目前, 移动互联网无线保真定位、蓝牙定位、射频识别定位及其他各种高精度室内定位技术, 虽然在实现方式上千差万别, 但本质上都是以地面三角测量定位原理为基础的定位方法。

移动通信网络蜂窝定位技术可分为两类: 基于网络的定位和基于终端的定位。基于网络的定位技术主要包括Cell-ID、基于信号到达时间的定位 (Time of Arrival, TOA)、信号到达时间差定位 (Time Different Of Arrival, TDOA) 和基于角度测量的定位技术 (Angle Of Arrival, AOA)。基于终端的定位技术主要包括A-GPS (Assisted GPS) 和增强型观察时间差 (Enhanced Observed Time Difference, E-OTD)。

Cell-ID通过移动通信时的网络标志确定终端的位置, 其定位精度取决于蜂窝小区的大小, 对基站的密度有很大的依赖性。对于全球移动通信

系统 (Global System for Mobile Communications, GSM) 网络, 城区蜂窝小区的密度远远高于郊区或农村地区, 因而在城区Cell-ID的定位精度要远远高于郊区和农村。Cell-ID的优点是移动通信网络不需要任何修改, 可以大大降低运营商的投资成本, 适用于GSM、CDMA和3G网络。Cell-ID也是目前中国移动主要采用的定位技术。

TOA、TDOA和AOA通过测量移动目标到达多个基站的信号传播时间、时间差或信号角度, 以地面三角测量方式来确定移动目标的位置。TOA的定位精度与基站的地理位置分布关系很大。TOA技术需要升级网络端, 增加测量模块, 同时还需要网络时间同步。和Cell-ID比较, TOA技术实现比较困难, 投入成本比较大。TDOA降低了时间同步要求, 可应用于各种移动通信系统, 尤其适用于CDMA系统, 如CDMA网络独有的ALFT定位技术。AOA技术在障碍物较少的地区可以得到较高的定位精度, 但在障碍物较多的环境中, 因无线传输存在多径效应而使误差增大, 定位精度较低。地面三角测量方式的移动目标定位技术主要应用于CDMA和3G网络。

E-OTD通过放置位置测量单元实现。位置测量单元分布在较广的区域内的参考点上。每个参考点都有一个精确的定时源。当具有E-OTD功能的终端和位置测量单元接收到来自至少3个基站的信号时, 可计算得出从每个基站到达移动终端和位置测量单元的时间差, 并由此估计出移动终端的位置。E-OTD可以提供精确定位, 但是实现成本昂贵, 且只适合GSM/GPRS网络, 需要对网络结构进行修改, 在运营环境中配置繁琐, 限制了漫游用户的服务。

## 混合定位

由于定位技术各有所长, 如何能结合多种技术, 在更大范围内获得更精确的定位结果, 成为研究和应用的热点。其中, 具有代表性的混合定位技术包括A-GPS、GPSOne和XPS技术。

A-GPS技术在定位时, 网络根据移动终端所在蜂窝小区标识, 迅速确定移动终端上空的全球定位

系统卫星信号,加速卫星搜索过程,从而提高全球定位系统卫星定位速度。同时,可以利用移动通讯网络发送差分信号到移动终端,提高定位精度。本质上A-GPS是完全依赖全球定位系统的定位技术,因此适用于任何移动通讯网络,但要求天空无遮挡。GPSOne是美国高通公司开发的定位技术,采用客户端/服务器(Client/Server)方式。GPSOne首先使用A-GPS技术定位,如果全球定位系统卫星视野被部分/全部阻挡时,辅助采用AFLT三角测量技术进行定位。采用GPSOne技术,只要有一颗全球定位系统卫星和一个基站信号即可完成定位过程,确保定位精度和速度。在上述定位手段均失效时使用Cell-ID定位确保定位成功率。

XPS定位技术是结合无线保真定位、移动通讯网络蜂窝定位和全球定位系统定位技术的组合定位技术<sup>[5]</sup>,可提供全天候、全覆盖、高速度、高精度的无缝定位,有效克服了传统单一定位方式的缺点,使定位结果更加精准。是目前最有前景的移动目标定位方式。

常见的各种室内、室外定位技术的比较可参见文献[1]。

## 地理空间信息处理

基于位置的服务的地图服务依赖于精确的地理空间信息。以前,地理空间信息主要通过基础测绘方式获得。随着3S(GPS、GIS、RS)和Web 2.0技术的发展,地理空间信息采集新技术不断涌现。可访问的地理空间信息呈爆炸性增长。然而,用户感兴趣的地理空间信息的生存期也越来越短。地理空间信息在时刻变化。如何迅速捕捉地理空间信息的变化,及时向用户提供最新的地图内容,成为基于位置的服务中地理空间信息采集与处理的难点问题。

### 导航数据库更新

目前,多尺度导航数据库已经跳出了单纯应用于导航系统的小圈子,成为多种信息服务的底层地

图内容支撑。伴随城乡建设的飞速发展和用户需求的不断提升,导航数据库更新越来越困难。目前市场上的导航地图产品内容往往与厂商标称的发布时效不符,严重滞后的地图数据和兴趣点(Point of Interest, POI)信息无法满足基于位置的服务的应用需求,成为制约服务准确性和实效性的瓶颈问题。除了及时采集变化的地图信息外,如何在已有导航数据库基础上进行增量更新,即每次只更新少量变化的数据,并迅速发送到用户终端,是业界的热点。如日本于2005年联合主要的导航系统开发商组建了i-Format Forum,对外发布支持地图数据增量更新的新导航数据格式i-Format,并在每年召开论坛时对i-Format增量更新进行展示。虽然业界对导航数据库增量更新进行了大量的研究,但是支持动态更新的导航数据模型和标准尚不完善,获得更新增量的变化检测、导航数据快速更新和维护技术等问题亟待解决<sup>[6]</sup>。

### 遥感影像变化检测

卫星遥感数据是地理空间信息的重要组成部分。如何从卫星遥感影像中实现地理空间信息提取的自动化和智能化一直是业界追逐的梦想。特别是随着空间、时间、光谱的高分辨率卫星成像设备不断涌现,高分辨率卫星影像越来越多,避免数据沉睡,快速处理卫星影像并提取地理空间信息的压力越来越大。从同一地区不同时间的遥感影像中自动提取地理空间信息并发现不同时间的变化,具有划时代的意义。欲实现这个目标,需要解决卫星影像自动配准与融合、特征自动提取、目标自动解译、数据自动清理和分类等关键性技术难题,还要解决从地理信息系统空间数据库中自动进行数据挖掘和知识自动发现,构建智能化的变化检测系统等难题<sup>[7]</sup>。

### 互联网地理空间信息挖掘

互联网为人们提供了海量的信息,其内容以各种语言呈现,几乎涉及所有领域,已经成为人类历史上迄今为止内容最丰富、规模最大的信息库。其中蕴涵大量的有用信息。

绝大多数互联网页面含有地理空间信息。席尔瓦·马丁斯 (Silva & Martins) 等对3775611个互联网页面进行分析,发现了8147120个地名,平均每页文档含有2.2个地名词汇<sup>[8]</sup>。如果能从互联网海量的文本信息甚至视频、音频信息中检索和提取出地理空间信息,将会极大丰富基于位置的服务的信息来源,为公众提供高时效性的信息服务,并且可以大大加快基于位置的服务的地理空间信息采集效率。然而,互联网是一个高度动态、异构、开放的环境,信息挖掘难度极大。一般而言,互联网地理空间信息挖掘流程为:首先,通过网络爬虫进行网页搜集;其次,对搜集到的网页进行基于自然语言处理的全文搜索、地名解析、过滤、空间语义智能推理等处理;最后以检索的方式为用户提供服务。

## VGI与众包

随着Web2.0技术的发展,互联网的信息发布渐渐从静态信息向内容聚合转变,互动模式也从用户被动应用变成了群体主动参与。目前越来越多的空间数据资源以信息服务的形式在互联网上发布,支持用户无偿或有偿使用。同时,随着谷歌地球和谷歌地图(Google Map)应用的出现,为地理空间信息行业带来了一种新的信息应用模式,即由专业机构(例如谷歌)提供基础地图信息平台(谷歌服务器)与交互环境(谷歌地球客户端),基于互联网的用户自愿在线提供交通、旅游、餐饮娱乐、房地产、购物等信息内容,形成人人为我、我为人人的互助信息服务局面。业界称之为志愿者地理空间信息(Volunteered Geographic Information, VGI),或称为众包(Crowdsourcing)<sup>[9]</sup>。这种模式使得公众使用地理空间信息的成本大为降低,也使得带有地理空间特征的信息发布变得更加容易,扩大了地理空间信息应用的范围和涉及面,激发了公众使用地理空间信息的热情,从而吸引了业界在此领域投入越来越多的资金和技术。各方的参与和投资推动了该领域的飞速发展。

志愿者地理空间信息和众包是一种新的地理空间信息获取理念,可以有效地补充已有的地理空间

信息获取手段。目前国内外已出现很多基于Web2.0的服务器用于获取、收集和发布志愿者地理空间信息,并从中获得了巨大的商业价值。志愿者地理空间信息和众包的出现将Web2.0带入了Work2.0的时代<sup>[10]</sup>。OpenStreetMap (<http://www.openstreetmaps.org>)是志愿者地理空间信息和众包的一个典型实例。OpenStreetMap是一个可供公众自由编辑和上传下载的世界地图数据库。基于广大互联网用户热情的积累,OpenStreetMap可以迅速完成海量导航路网数据库的构建,并随时进行数据更新。

## 交通信息采集与处理

日益拥堵的交通对基于位置的服务提出了更高的要求。已有一些商家开始为用户提供实时路况服务。动态的基于位置的服务的实现依赖于快捷准确的实时交通信息采集与处理。目前,交通信息采集存在自动采集和人工采集两种方式。自动采集方法包括固定传感器(感应线圈、监控视频和图象识别)、移动采集终端等。感应线圈可准确采集路段交通流信息,但安装和维护成本高,易受环境影响,难以广泛部署。视频监控设备能够采集最直观的交通路况,但数据传输量大,信息提取和处理难度高。公交一卡通也可作为交通信息采集方式,通过一卡通传感器获取公交站间的行程时间,来确定公共交通的行驶状况。人工采集方式即通过电话、短信向信息中心实时报告交通信息。

## 浮动车与手机信令分析

随着全球定位系统和无线通讯技术的广泛应用,利用安装全球定位系统和无线通讯设备的移动车辆——浮动车采集交通信息正逐渐受到重视<sup>[11]</sup>,目前已在国内多个城市推广应用。浮动车采集方式无需地面固定传感器,建设周期短、覆盖范围广、采集效率高、数据精度高、实时性强,与固定传感器采集方式相比具有明显优势。但浮动车技术对复杂路段(如立交桥、高架路)交通信息采集的准确性有待提高。而且浮动车技术也难以获取精确到点

的突发性路况信息或交叉口路况信息。

此外,利用手机信令分析来获取交通路况信息的技术也已经面世,并在地图网站得到了应用(如<http://map.google.com>)。此技术充分利用了现有的手机网络资源,通过实时分析海量用户手机的原始信令变化过程来获取交通路况信息,建设成本较低,并且由于用户数巨大使得覆盖范围更广,部署方便,正在包括中国在内的几个国家进行论证和推广<sup>[12-13]</sup>。

## 视频处理与模式识别

视频监控设备能够采集最直观的交通路况,并且能够获取浮动车和手机信号难以获取的交叉口路况信息。然而,视频监控设备所截取到的图片和视频,无法直接作为可利用的交通信息,必须经过视频处理与模式识别过程。如何从视频中自动提取交通状态信息,是视频监控系统能否更快捷更直接地应用于基于位置的服务的关键。

## 自然语言描述交通信息处理

交通管理者、交通出行者根据所看到的路况(实地或大屏幕),通过电话、短信向信息中心实时报告交通信息,是采集突发性点状交通事件的最有效方式。此方法的缺陷是信息采集不全面、有延迟,并且所报告的交通信息多以自然语言表达。如何使大量实时获取的以自然语言形式呈现的交通信息在完成文字转换后,迅速与路网地理空间信息融合,成为基于位置的服务的有效实时数据源,是事关基于位置的服务能否成功普及应用的技术难题<sup>[14]</sup>。

## 发展趋势

随着基于位置服务的应用的不断发展及用户需求的不断提高,基于位置的服务中的数据采集与处理方式也亟需得到新的发展。从技术发展趋势分析,基于位置的服务的位置信息采集将向室内外无缝混合定位方向发展,3G移动蜂窝定位、无线保真和射频识别定位结合导航卫星定位将会是基于位置的服务

位置信息采集的主流技术;基于位置的服务的地理空间信息采集将向导航地图增量更新、遥感影像自动信息提取与变化检测、地图动态化、群体众包方向发展,互联网将会成为潜力巨大的信息源;随着3G网络的推广普及,移动通讯信令分析将成为广域实时交通信息采集的主流技术。基于位置的服务所需的交通信息采集将向多种技术实时融合方向发展。

本文项目支持:国家自然科学基金(40871184)及国家863计划(2007AA12Z241) ■



陆 锋

中国科学院地理科学与资源研究所研究员。主要研究方向为自主知识产权的海量空间数据库管理系统、出行信息服务系统等。luf@lreis.ac.cn



段滢滢

中国科学院地理科学与资源研究所博士生。主要研究方向为交通地理信息系统。duanyy@lreis.ac.cn



袁 文

中国科学院地理科学与资源研究所助理研究员。主要研究方向为互联网数据挖掘。yuanw@lreis.ac.cn

## 参考文献

- [1] 陆锋,郑年波,段滢滢,张健钦,出行信息服务关键技术研究进展与问题探讨,中国图象图形学报,2009,14(7):1219~1229
- [2] GPS官方网站,Introduction to GPS,<http://gpshome.ssc.nasa.gov>
- [3] 陈俊勇,全球导航卫星系统进展及其对导航定位的改善,大地测量与地球动力学,29(2):1~3
- [4] 北斗卫星导航系统官方网站,北斗卫星导航系统简介,<http://www.beidou.gov.cn>
- [5] Skyhook Wireless Inc,XPS Overview,<http://www.skyhookwireless.com/howitworks/>

更多参考文献请访问:www.ccf.org.cn的“中国计算机学会通讯”栏目

- [6] 李连营, 李清泉, 赵卫锋, 许小兰, 导航电子地图增量更新方法研究, 中国图象图形学报, 2009, 14(7):1238 ~ 1244
- [7] 李德仁, 利用遥感影像进行变化检测, 武汉大学学报·信息科学版, 2003, 28(3): 7 ~ 12
- [8] Mário J. Silva, Bruno Martins, Marcirio Chaves, et al., Adding Geographic Scopes to Web Resources, Computers, Environment and Urban Systems, 2006, 30, 378 ~ 399
- [9] Jeff Howe, Crowdsourcing: Why the Power of the Crowd Is Driving the Future of Business, 2008, Crown Business Press
- [10] 徐宏宇, 众包(Crowdsourcing): 由Web2.0开创Work2.0, <http://www.istis.sh.cn/list/list.aspx?id=4405>
- [11] Tong D. Traffic information deriving using GPS probe vehicle data integrated with GIS. In: Proceedings of GIS-T' 2006 Symposium, Columbus, Ohio, USA, 2006: 27 ~ 29
- [12] Bar-Gera H. Evaluation of a cellular phone-based system for measurements of traffic speeds and travel times: A case study from Israel. Transportation Research Part C, 2007, 15(6): 380 ~ 391
- [13] 美慧科技, 中国第一款全线交通数据产品问世. [http://www.trafficcast.com.cn/news\\_08.12.12\(1\).htm](http://www.trafficcast.com.cn/news_08.12.12(1).htm)
- [14] 陈传彬, 陆锋, 励惠国等, 自然语言表达实时路况信息的路网匹配融合技术, 中国图象图形学报, 2009, 14(8)