

# 位置服务:接地气的云计算

李德毅<sup>1</sup>,张天雷<sup>1</sup>,黄立威<sup>2</sup>

(1.清华大学计算机科学与技术系,北京 100084;2.解放军理工大学指挥信息系统学院,江苏南京 210007)

**摘要:** 随着移动互联网的迅猛发展,人类社会已不可避免的进入了大数据时代.云计算支撑大数据发现价值,在各个领域均已开花结果,其中最典型的案例,就是无人不用,无时不需,无所不在的位置服务.传统的地理信息系统(GIS)、导航定位系统(GNS)与云计算结合,给原本垂直的领域应用赋予了社交、位置和移动等特点.研究位置服务的关键技术,探讨云计算支撑下位置服务数据中心的特点,应具备的内在指标如时间连续,空间无缝、精度多样、结果可靠、在线服务,和外在指标如电力消耗随服务负载变化情况,带宽支持及其动态使用情况,位置服务覆盖的范围和粒度,服务注册的用户数量及在线微支付能力等等,能有效促进位置服务成为最接地气的云计算.

**关键词:** 位置服务; 云计算; 大数据

**中图分类号:** TN95

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0372-2112 (2014)04-0786-05

**电子学报 URL:** <http://www.ejournal.org.cn>

**DOI:** 10.3969/j.issn.0372-2112.2014.04.025

## A Down-to-Earth Cloud Computing: Location-Based Service

LI De-yi<sup>1</sup>, ZHANG Tian-lei<sup>1</sup>, HUANG Li-wei<sup>2</sup>

(1. Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Institute of Command Information System, PLA University of Science and Technology, Nanjing, Jiangsu 210007, China)

**Abstract:** With the rapid development of mobile internet, human society has inevitably become a large-scale social network with massive data. With the support of cloud computing, plenty of achievement has been made in all aspects. The most down-to-earth one among them is location-based service(LBS). Combined with cloud computing, traditional geographic information system now possess social, location and mobile features, making it a daily service. In this paper, we describe key technique of location-based Service, and then propose both inner and outer design criterion for cloud-based LBS data center. We expect these proposes will help LBS to be the most popular application for cloud computing.

**Key words:** cloud computing; location-based service; big data

### 1 引言

自从人类发明地图开始,从地理信息中挖掘出价值和知识的地理信息系统,已给科学和社会的进步带来了毋庸置疑的巨大贡献.从早期的纸质地图,到颠覆性创造之后的电子地图,从结构化和半结构化的单机地图,到地图数据库和地图数据仓库.伴随着计算机科学的飞速进步,地理信息系统也得到了充分的支持和长足的发展.

在过去40年里,地理信息早已超出传统测绘行业的应用范畴,成为全社会的基础设施.我国存在的众多小而散的地理信息产业孤岛,只能满足简单的地理要素查询,满足行业解决方案,跨行业之间坐标和格式不能

互换,数据不兼容,语义不统一,分享、共享难,互操作难.手机、汽车等移动设备装载各种各样地理信息系统并定期更新地理软件,这样的时代应当“落幕”.时至今日,全球人人物物都可以定位,地理空间信息不断重构,从Google地图到手机街景,甚至依靠群体智慧的众包地图.地理信息系统由于其动态负载,资源共享、本土化、实时性和个性化服务等应用特点,非常适合采用云计算模式,在移动互联网时代,云计算支撑地理信息大数据,不断发现价值.因此,基于位置的地理信息服务未来应该成为我国云计算实践的示范行业.

想在北京的街道里开一家门面宽过5米的商店,而不被地图公司记录在案,绝非易事,想在北京开车出门吃顿饭,而不被摄像头记录5次以上,绝非易事.在基于

位置服务的社交网络上,人们也许会发现,今天你先进入“为民刻字部”,然后去了“俞氏刀削面馆”.云计算促进地理信息产业的改组和兼并,聚合为面向大众的、跨部门、跨领域、跨系统的社会化服务,即位置服务.八十年代提出的位置服务(Location-Based Service, LBS)<sup>[1]</sup>,即你在哪里、和谁在一起、附近有什么资源,发展成当今的“SoLoMo”概念,综合了社交、位置和移动等特点,一举成为无人不用、无时不需、无所不在的,最接地气的云计算.

本文研究云计算支撑的位置服务所需的关键技术,提出衡量位置服务中心的内在和外在指标,探讨位置服务作为云计算示范应用的可能性.第二部分介绍位置服务及关键技术,第三部分介绍云计算,第四部分给出位置服务中心的设计特点,第五部分是总结.

## 2 位置服务

### 2.1 简介

位置服务指提供物体地理位置信息的服务,美国学者于 1990 年左右开始研究.早期主要用于提高紧急情况下迅速定位求救者的能力,如美国的 E911 和欧盟的 E112 系统.当前,则借助移动互联网的发展,广泛应用于生活中的方方面面.位置服务有多重分类方式,首先根据信息使用方式的不同,可分为主动获取和被动接收服务.主动获取指用户通过终端向位置服务器提交请求并得到返回结果的方式,而被动接收则指用户进入某一范围,服务器向用户终端推送结果的方式.其次根据使用者的不同,可分为位置跟踪和位置感知服务.位置跟踪指位置的所有者和位置的查询者不同,而位置感知则是所有者和查询者相同.再次根据查询技术的不同,还可以分为连续查询和点查询服务.

位置服务提供信息的过程一般分为三个阶段,用户定位,位置上传至服务中心,相关信息查询并返回.涉及的关键技术有三个:一是导航定位技术,如卫星定位技术(GPS),GSM 定位技术和室内无线定位技术等.二是位置信息传输技术,主要考虑传输效率高,保证信息实时性.三是相关信息查询,有数据无缝融合及位置查询索引技术,其中导航定位技术尤为关键.此外,使用过程中的隐私保护和个性化等技术也在考虑范围.

移动互联网时代的位置服务,形成了大规模基于位置服务的社交网络(Location-Based Social Network, LB-SN)<sup>[2]</sup>,为研究用户个性化行为,群体智能,人类时空性等多个课题做出了突出贡献.

### 2.2 导航定位技术<sup>[3]</sup>

位置服务中的定位技术,是传统导航定位系统的核心技术,导航则是基于定位技术的重要应用,用于路

径规划.

导航定位技术,按照技术手段可以划分为利用 GNSS 及其相关系统,适用于全球多种精度位置服务的卫星定位技术;根据天体进行导航定位的天文定位技术;利用高速运转陀螺的特性确定载波运行姿态的惯性定位技术;利用移动通信网络计算用户位置信息,适用于隐伏区域和室内低精度位置服务的移动定位技术;利用互联网地图和 IP 地址等多种数据的网络定位技术;以及利用标志物进行空间相对定位的标志物相对定位技术.

从另一个角度来讲,按照定位的尺度,导航定位技术也可以划分为大范围移动定位和局部如室内定位,前者包含三种方式:卫星定位、地面蜂窝网络定位和混合定位.具体如 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)、A-GPS(Assisted GPS)和增强型观察时间差(Enhanced Observed Time Difference, E-OTD)等.近年来由于移动客户端的迅猛增长,手持局部如室内定位也逐渐兴起,如 Wi-Fi、蓝牙、Zigbee 和 RFID 等技术.

### 2.3 导航定位基础设施

基于云计算的位置服务中心依赖于国家空间数据基础设施.我国自主研发、建设的北斗卫星导航系统与连续运行参考站网络,是国家空间数据基础设施的核心组成部分,可以获得各类空间的位置、时间信息及其相关的动态变化,是实时、快速、高精度的技术保障,也是位置服务中基础设施服务(IaaS)的物理依托.

#### 2.3.1 北斗卫星导航系统<sup>[4]</sup>

是中国自 19 世纪 80 年代起自行研制,建设的卫星导航系统,本着开放性、自主性、兼容性、渐进性的设计原则,2003 年,北斗卫星导航验证系统建成,成为继美国的全球定位系统(GPS)和俄罗斯的 GLONASS 之后又一个成熟的卫星导航系统.系统包括空间端、地面端和用户端三部分,集定位、授时、短报文通信及用户检测于一体,可全球范围全天时、全天候提供定位精度优于 20m,授时精度优于 100ns 的服务,并与国际通用卫星定位系统兼容.开通以来,应用范围迅速扩展,客户机规模激增,注册用户迅猛增长,为我国各个重要基础领域提供有力的信息服务支撑.目前面临的问题主要有国际竞争、政策问题、服务观念问题和技术问题等.

#### 2.3.2 连续运行参考站网络<sup>[5]</sup>

又称连续运行卫星定位服务系统(Continuous Operational Reference System, CORS),提供高精度、高实时性定位信息,是重要的城市空间数据的基础设施.理论源于 1980 年代中期加拿大提出的主动控制系统,近年来主要依靠多基站网络 RTK 技术,提供实时定位平面

3cm,垂直 5cm 的高精度定位数据。

CORS 系统之所以能够提供高精度定位数据,主要功劳在于地面固定基准站.其运作过程如图 1 所示,基准站持续观测卫星信号,获取各类修正参数,而后上传至定位精度校正中心.用户一面获得卫星数据,结算地理位置,另一方面也从中心获得基准站所提交数据,结合两者进行差分结算,以达到高精度定位的效果.CORS 系统的主要问题是服务用户数目少,而基准站建设费用高。

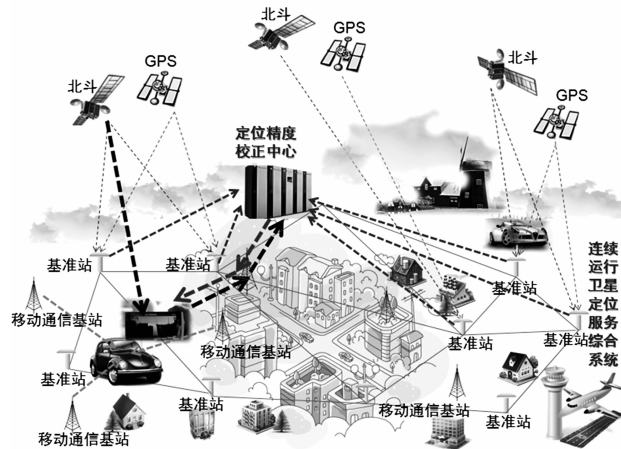


图1 连续运行卫星定位服务综合系统

## 2.4 导航定位技术的契机

传统导航定位系统和国家空间数据基础设施的应用领域多以高精度定位用户为主,局限在大地测量、城市测量、基础测绘、地籍测量等专业测绘领域,社会化的导航定位应用亟待开拓.社会化推广过程中会遇到很多技术难题,如信息安全、信息保密、大规模并发用户容量等等,正是云计算所擅长的.手机接收到的GPS位置信息,发到位置服务中心进行定位精度校正,中心利用云计算结合CORS系统等数据,实时计算,将结果返回给用户,可以实现米级甚至分米级精度的定位精度.即可广泛服务各行各业及广大手机用户.我们需要改变原有的系统服务流程,变集中单体式服务为网络化服务.才能够凭借移动互联网的势头,完成位置服务社会化的理想布局。

## 3 云计算

云计算(Cloud Computing)<sup>[6]</sup>是一种基于互联网的大众参与的计算模式,其计算资源(包括计算能力、存储能力、交互能力等)是动态、可伸缩、被虚拟化的,而且以服务的方式提供.因其动态配置、低功耗、低维护成本<sup>[7]</sup>等特点,迅速得到了信息产业的青睐。

云计算的思想早已有之,可追溯到二十世纪六十年代,John McCarthy提到的“或许有一天,计算会像水电

一样,变成公共基础设施”.自2003年,著名的搜索引擎公司Google多次在计算机研究领域的顶级会议和期刊上发表论文,阐述其分布式处理方法,向业界揭示其云计算核心技术,如GFS(Google File System)分布式文件系统,基于MapReduce思想的并行编程环境和BigTable分布式数据库系统.基于这样的基础架构,Google成功的建立了包括Gmail、Google Maps、Google Drives等一系列具有全新界面和强大交互感的Web 2.0应用.2007年底,Google和IBM公司相继宣布其云计算战略计划,使得“云计算”这个专业词语得到了公众的关注,并迅速成为产业新星和研究热点。

通常来讲,云计算是一个四层结构<sup>[8]</sup>:硬件层、基础架构层、平台层和应用层.云计算的商业模式也基于这个层次结构分为三类:架构即服务(IaaS),平台即服务(PaaS)和软件即服务(SaaS).根据用户范围还可以分为公有云和私有云以及混合云等.产业界比较著名的云计算平台有上文提到的注重分布式存储和编程的Google云计算平台,使用多层次虚拟化技术的IBM“蓝云”,注重网络远程操作的亚马逊弹性计算云,以及国内注重Web应用的百度BAE和注重弹性计算的阿里云。

当前关于云计算的研究,多停留在基础架构和平台层,主要可分为三类:一是如何构建分布式平台的基础设施,如主要包括微软的Dryad框架,Amazon公司的Dynamo框架,以及应用于Ask.com公司的Neptune框架等;二是分布式编程框架,如Yahoo!公司的MapReduce-Merge框架,斯坦福大学的多核处理器框架,威斯康辛大学在Cell处理器上对MapReduce的移植等;三是云计算中架构和存储的安全问题<sup>[9]</sup>.而对于软件即服务,则多停留在如何改善网络时代的软件工程研究,少有学者如威斯康辛大学的Hazy系统这样,以海量数据挖掘作为目标,从系统到编程模型全面为开发人员定制的研究课题.因此,如何利用好云计算现有的技术架构,增添挖掘即服务(MaaS)和数据即服务(DaaS)的层次,更好的设计数据中心的计算架构,仍然是一个很有挑战的课题。

云计算走过了理念清晰、操作模糊、八仙过海、云里雾里的一段路程,已经成为我国信息行业当前的主旋律,给我们生活带来太多意想不到的改变,正越来越深度地服务于各式各样小众,甚至改变整个大众的社会交互形态.然而受骨干网、接入网、网站和服务中心布局、安全检查等多因素制约,使得缺少宽带、或者宽带不宽,成为我国当前云计算的最短板,市场被垄断,互相推诿“最后一公里”,监管很不力.如何务实推进云计算研究和应用,是学术界和工业界共同关注的问题,示范项目呼之欲出,基于云计算的位置服务中心首当

其冲。

## 4 基于云计算的位置服务中心

移动互联网时代的位置服务,受到大数据的严峻挑战,同时得到云计算强力支撑,比较传统位置服务而言,虽定位技术依旧延续,但数据形态有较大变化,产生新的外在指标和内在指标,指导我们利用云计算重新设计位置服务中心。

### 4.1 从传统数据库到大数据

随着移动互联网的不断发展,位置服务的数据对象也变得越来越复杂,各种异构、多噪声且动态变化数据形态的出现,使得针对单一数据来源,噪声抵抗力差的传统位置服务收到严峻的挑战,移动互联网时代的海量数据(也称大数据),和传统数据库存储的数据有如表 1 的诸多不同。

表 1 数据对象的比较

DB(数据库存储数据)	BD(海量数据、大数据)
GB/TB 级	TB/PB/EB 级
高质量、较干净	强噪声、多冗余
数据价值密度高	数据价值密度低
热数据(使用频度高)	冷数据(使用频度低)
确定性	不确定性
强结构化	非结构化
Top-down 设计	Bottom-up 设计
OLTP/OLAP	高交互和高吞吐率
给用户提精确解	给用户提满意解

因此,基于云计算的位置服务中心不但要考虑采用数据库和数据仓库技术应对结构化数据,也应该用网络交互和群体智能来应对非结构化数据。

### 4.2 位置服务中心的内外在指标

搭建基于云计算的位置服务中心,需要适应大数据环境下的数据新形势,因此,应该以云计算的特点出发,符合若干建设指标,才能有效的结合两者,达到最优化效果。指标分为内在和外在两类。

其中内在指标主要有:时间连续,位置服务的用户,通常会持续一段时间,连续请求位置,因此,保持位置服务的实时性,是衡量服务质量的指标之一。空间无缝,位置服务的用户,如驾驶员,通常会在运动过程中请求位置,传统地理信息系统存在地图拼接、数据缺失等问题,位置服务中心应具备一定的数据融合能力,将空间切换过程中的缺失信息补充。精度多样,不同用户对于定位精度截然不同,而精度和运算量强相关,大概范围的定位需求,无需精确到厘米级别的运算,因此位置服务中心应根据用户的不同请求,动态变换精度,以

达到优化性能的目的。结果可靠,传统导航定位系统,由于独立运行,缺少全局信息,缺少定位融合,因此在某些情况下会产生较大误差,位置服务中心应当具备一定的数据保持和纠错能力,以提高位置服务的鲁棒性。在线服务,位置服务中心应具备多种访问方式,如短信、互联网等,满足不同用户的需求。

外在指标主要有:电力消耗随服务负载变化情况,云计算的特点之一就是低功耗,因此位置服务中心应当在负载较低时自适应的关闭计算单元,以达到降低能耗的目的。因此动态节约用电是位置服务中心的一个外在指标。带宽支持及其动态使用情况,云计算的另一个特点则是动态配置,网络带宽是热门资源,多种国家基础服务均有需求,因此动态配置带宽,在用户较少时自动释放带宽,优化整个网络的运行效率,是位置服务中心的另一个外在指标。位置服务覆盖的范围和粒度,要想让位置服务作为云计算的示范性应用,需要极大保证其服务的范围覆盖面广,粒度可粗可细,才能达到位置服务社会化,无人不用,无时不需,无所不在的效果。服务注册的用户数量,传统位置服务,注册用户量小,服务群体单一,导致成本过高或资源浪费,位置服务中心应具有较大规模的用户量,而且群体多样,应用范畴千姿百态,才能有效利用云计算的支撑,更好的推广位置服务。在线微支付能力,传统位置服务,多以组织之间签订合作协议的方式进行,基于云计算的位置服务中心,用户量大,需求五花八门,难以逐一跟用户讨论并签订协议,因此应具备随时随地的在线微支付能力,才能满足用户随时随地随开随用的方式。位置衍生服务能力,传统位置服务,通常提供原始经纬度信息,使用者需要一定的专业知识。位置服务中心应具备适应各类用户群体的能力,将专业知识透明化,使得如摇摇找附近餐馆等需求直截了当。让用户轻易搭建适合不同层次的应用。

满足如上所述内外在指标,传统的位置服务才能在云计算的支撑下,更好更完美的以社会化集约型服务来提供给终端用户。

## 5 总结

位置服务无人不用,无时不需,无所不在,基于云计算的位置服务能够提供集中的面向交通、娱乐、教育、医疗等各个不同领域、不同粒度的位置服务,成为社会化、集约化和专业化的社会基础设施。针对移动互联网时代的数据形态,研究位置服务关键技术,探讨位置服务中心的内在和外在指标,让用户无需关心地理信息系统软件是否被他人同时租用,位置数据是否及时更新;无需关心服务系统软件的支撑操作系统以及软件环境等底层资源的物理配置与管理;无需关心位

置服务中心所在的物理位置. 最终推动地理信息系统实现从行业解决方案向云计算的转型: 跨越界限、共享价值, 成为最接地气的云计算.

### 参考文献

- [1] Junglas I A, Watson R T. Location-based services[J]. Communications of the ACM, 2008, 51(3): 65 - 69.
- [2] Zheng Y, et al. GeoLife2.0: a location-based social networking service[A]. 10th International Conference on Mobile Data Management: Systems, Services and Middleware[C]. IEEE, 2009. 357 - 358.
- [3] 李德仁. 论 RS, GPS 与 GIS 集成的定义, 理论与关键技术[J]. 遥感学报, 1997, 1(1): 64 - 68.  
Li Deren. Theory and key technics of the integration of GPS [J], RS and GIS. Journal of Remote Sensing, 1997, 1(1): 64 - 68. (in Chinese)
- [4] 杨元喜. 北斗卫星导航系统的进展, 贡献与挑战[J]. 测绘学报, 2010, 39(1): 1 - 6.  
Yang Yuanxi. Progress, contribution and challenges of compass/beidou satellite navigation[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2010, 39(1): 1 - 6. (in Chinese)
- [5] 刘经南, 刘晖. 连续运行卫星定位服务系统——城市空间数据的基础设施[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2003, 28(3): 259 - 264.  
Liu Jingnan, Liu Hui. Continuous operational reference system—infrastructure of urban spatial data[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2003, 28(3): 259 - 264. (in Chinese)
- [6] Zhang Q, Cheng L, Boutaba R. Cloud computing: state-of-the-art and research challenges[J]. Journal of Internet Services and Applications, 2010, 1(1): 7 - 18.
- [7] 李德毅, 陈桂生, 张海粟. 云计算热点问题分析[J]. 中兴通讯技术, 2010, (004): 1 - 4.  
Li Deyi, Chen Guisheng, Zhang Haisu. Analysis of areas of research interest in cloud computing[J]. ZTE Communications, 2010, (004): 1 - 4. (in Chinese)

- [8] Armbrust M, Fox A, Griffith R, et al. A view of cloud computing[J]. Communications of the ACM, 2010, 53(4): 50 - 58.
- [9] 俞能海, 郝卓, 徐甲甲, 张卫明, 张驰. 云安全研究进展综述[J]. 电子学报, 2013, 41(2): 371 - 381  
Yu Neng-hai, Hao Zhou, Xu Jia-jia, Zhang Wei-ming, Zhang Chi. Review of ceoud computing security[J]. Acta Electronica Sinica, 2013, 41(2): 371 - 381. (in Chinese)

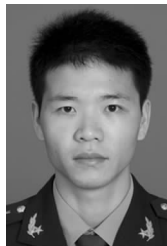
### 作者简介



**李德毅** 男. 1944 年 11 月出生, 江苏泰县人. 中国工程院院士, 研究员, 博士生导师. 主要研究方向为人工智能.  
E-mail: lidy@cae.cn



**张天雷** 男. 1986 年 5 月出生, 内蒙古赤峰人. 现为清华大学计算机科学与技术系博士研究生. 主要研究方向为人工智能、机器学习、数据挖掘.  
E-mail: ztl08@mails.tsinghua.edu.cn



**黄立威** 男. 1985 年 11 月出生, 江西萍乡人. 现为解放军理工大学指挥信息学院博士研究生. 主要研究方向为机器学习、数据挖掘.  
E-mail: huangliwei.1985@gmail.com