

DOI: 10.13203/j.whugis20150118

文章编号: 1671-8860(2015)08-0995-05

# 云定位技术及云定位服务平台

施 阖<sup>1,2</sup> 章红平<sup>1,2</sup> 壬声峰<sup>1</sup> 楼益栋<sup>1</sup> 唐卫明<sup>1</sup>

1 武汉大学卫星导航定位技术研究中心, 湖北 武汉, 430079

2 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉, 430079

**摘要:** 传统的基于行业用户需求而建立的集中式高精度导航定位服务模式在可靠性、可扩展性以及服务多样性等方面已无法满足大众用户的精密定位需求。结合云平台技术, 提出了云定位的概念, 通过综合管理和整合各类定位资源, 实现多种定位手段的资源共享、技术融合和优化配置。给出了云定位的架构图, 并讨论了 GNSS 网络 RTK, GNSS 广域精密定位, Wi-Fi 定位, 通信基站定位等多种手段在定位云上的综合和服务实现。云定位在可扩展性、可靠性、系统维护成本以及用户使用灵活性等方面都具有传统的精密定位服务模式所无法比拟的优势; 通过云定位, 用户不仅可以获取各类精密定位服务, 还能实现多种定位资源的优化配置, 定制个性化应用; 为精密导航定位的大众化普及提供有效的商业模式和技术途径。

**关键词:** 云定位; 泛在定位; 精密定位; 羁和系统; 室内定位; 车载导航

中图法分类号:P228.4 文献标志码:A

随着空间卫星及应用技术、电子信息技术和互联网技术的迅猛发展, 以北斗、GPS 系统为代表的定位导航技术的服务范畴已从系统设计之初的军事应用, 渗透至生活的方方面面, 在全球形成了广泛分布的 GNSS 跟踪站网定位基础设施资源, 数以十亿量级的用户资源, 以及各类与时间/空间密切相关的信息资源<sup>[1]</sup>。

为了实现数以万计的 GNSS 跟踪站网数据综合处理, 国际大地测量学会(IAG)于 2006 年提出“Dance”计划(<http://gpsdancer.org/>), 旨在基于云平台(云计算、云存储)实现超大规模地面及星载接收机海量观测数据的联合处理, 从而推动国际地球参考框架 ITRF 和协调世界时 UTC 的全球普及<sup>[2]</sup>。与此同时, 为满足用户实时精密定位需求, 国际 GNSS 服务组织成立了 IGS 实时实验计划 IGS-RTTP 小组, 以传统 GNSS 精密定位数据处理理论为核心, 借助先进的互联网技术实现了广域实时用户的分米级定位服务<sup>[3,4]</sup>。

上述计划拓展了高精度定位服务的应用范围, 但其应用仍局限于专业用户。对于广大个人导航用户来说, 一方面, 鲜有针对低端廉价定位终端(如手机等)的高精度数据处理理论研究; 另一方面, 人们的活动范围往往处于高楼林立的城市

区域以及大型公共场馆内部, 卫星信号容易受到干扰而失去导航能力。为此, 我国科技部自 2010 年开始着手羁和系统(<http://www.beidou.gov.cn/2014/04/25/20140425e521e3c174084ddcb272a16eb9c1726e.html>)的研制建设, 提出 TC-OFDM 的通信导航融合新体制, 实现广域高精度室内外无缝协同导航定位, 解决卫星导航服务到手机用户“最后一公里”的难题。

随着人类社会的不断发展, 人们对位置信息需求变得前所未有的迫切, 空间定位技术也经历着前所未有的转变, 主要表现在从卫星导航系统标准服务转化为结合移动通信和因特网等信息载体融合的增强服务; 以及从卫星导航系统为主的专业化服务转化为结合多传感器的泛在化和智能化的室内外无缝导航定位服务。可以预见, 该趋势将直接导致导航与位置服务的应用领域扩大, 应用规模跃升以及大众化和产业化服务的迅速形成, 同时也对现有的以 CORS 系统为代表的高精度导航定位服务模式提出了巨大挑战, 亟需建立一种新的高精度导航定位服务体系, 实现用户随时随地随需随取的泛在定位。

实际上, 我们可以在云技术的发展历程中获得启发: 在计算机与互联网迅速普及的背景下, 为

收稿日期: 2015-03-07

项目来源: 国家 863 计划资助项目(2013AA12A204, 2015AA12403)。

第一作者: 施阖, 教授, 主要从事卫星导航定位理论与方法研究。E-mail: shi@whu.edu.cn

通讯作者: 章红平, 博士, 教授。E-mail: hpzhang@whu.edu.cn

满足超大规模数据处理与存储需求,许多学者提出通过网络,实现计算、存储资源的统一管理和调度,构建一个资源池按需为用户提供云计算或云存储服务,实现资源的最大化共享与最优分配<sup>[5-7]</sup>。类似地,一种理想的定位服务体系即建立云定位的概念出现:通过网络统一管理和调度各类定位资源,包括对地观测卫星、地面与星载跟踪站、移动基站、射频识别技术(RFID)、超宽带(UWB)、Wi-Fi、地图、地磁场数据库等,构成“云定位服务器”(简称云);各类具备访问“云定位服务器”获取服务的终端即构成“云定位端”(简称端),可以简单如3G通讯设备,也可以复杂如集成了GNSS、惯导、Wi-Fi、蓝牙、影音、气压计等传感器的手机终端、车载导航终端等;端将收集到的可用于定位的信息上传到云,云经过综合处理实现对端的云定位服务,该导航定位模式即为云定位。

基于上述思路,本文首先给出了云定位的架构以及运行模式,然后讨论了基于云定位平台的导航定位服务与传统服务系统的区别,指出云定位的优势以及存在的问题。

## 1 云定位平台架构与运行模式

云定位平台的架构可以分为基础设施层、管理平台层、用户交互层、云定位终端层以及客户层5部分,如图1所示。下面介绍各部分的功能。

**基础设施层:**该部分负责通过网络将分布在在全球各地的定位资源汇总,建立各类定位资源统一的时空基准。同时,考虑到定位资源类型的多样性,需要采用一种虚拟化的手段将各类定位资源抽象化或标准化后纳入统一的管理体系中。

需要强调的是,与云计算相比,定位资源的网络互联不仅指通过互联网建立的连接,同时还应包括通过观测网建立的连接,如通过低轨卫星星载GNSS接收机数据处理,建立GNSS卫星以及卫星激光测距(SLR)观测站之间的关系等;另一方面,云计算是云定位的基础,即云定位基础设施层除包括图1中所示定位资源外,还应包括计算资源以及存储资源(图1中未标出)。

**管理平台层:**该部分负责建立各定位解算任务与基础设施之间的关系。该层不仅需要监视各定位资源、计算资源及存储资源等的运行状态,还需要监视各在线任务运行状态,并及时响应新的任务请求,根据任务需求及任务级别实现资源的最优分配。

**用户交互层:**该部分为用户定位服务请求提

供统一的接口,负责云定位平台底层的安全性以及平台商业模式的实现。

云定位终端层与客户层都涉及用户端部分,其中云定位终端层通过一定的软硬件设施提交访问请求,获取云定位服务。与现有高精度服务系统中用户端部分相比,云定位平台将进一步降低终端软硬件门槛,真正实现大众化的高精度导航定位服务。客户层包括需要访问云定位平台的各类客户,不仅包括借助该平台实现增强定位服务的“消费者”,也包括借助该平台发布基准站数据或数据处理软件的“销售者”。

## 2 传统定位服务的云定位平台实现

### 2.1 网络RTK

为突破单基站RTK技术中流动站距离的限制,同时避免为每次测量作业架设参考站,网络RTK技术应运而生。基于网络RTK技术的精密定位服务系统由地基跟踪站网、数据处理中心、数据通信链路以及用户部分组成。数据处理中心负责收集处理跟踪站网观测数据,为跟踪站网覆盖范围内的用户生成高精度差分定位产品,极大地提高了用户作业效率。

然而,随着跟踪站网络规模以及数量的不断扩大,基于网络RTK技术的精密定位服务系统弊端日益凸显:首先,其数据处理中心采用集中式处理模式,一定程度上限定了跟踪站网络以及用户规模;其次,网络RTK系统属于区域精密定位服务系统,各系统间无法实现连续无缝服务;最后,虽然网络RTK系统用户无需独立建设基准站,但各行业、各省市测绘部门仍需要建立GNSS跟踪站网络,扩展性较差,维护成本巨大。

在基于云定位平台的网络RTK技术中,平台统一管理所有跟踪站资源,用户提交请求后,系统将在服务端自动为用户分配“私人订制”的跟踪站网络,实现用户的网络RTK定位后回传给用户。显然,由于云定位平台采用虚拟化技术,其定位资源、计算资源等能实现动态增减,满足用户规模增长及应用的需求。

在该模式下,各行业、各省市测绘部门的工作将仅仅是建立跟踪站并上传观测数据,无需考虑数据处理中心的维护与升级工作。云定位平台管理层将统计其跟踪站资源利用率,进而实现商业价值。

通过上述分析可知,基于云平台的网络RTK技术是在云技术发展背景下RTK技术的又一次

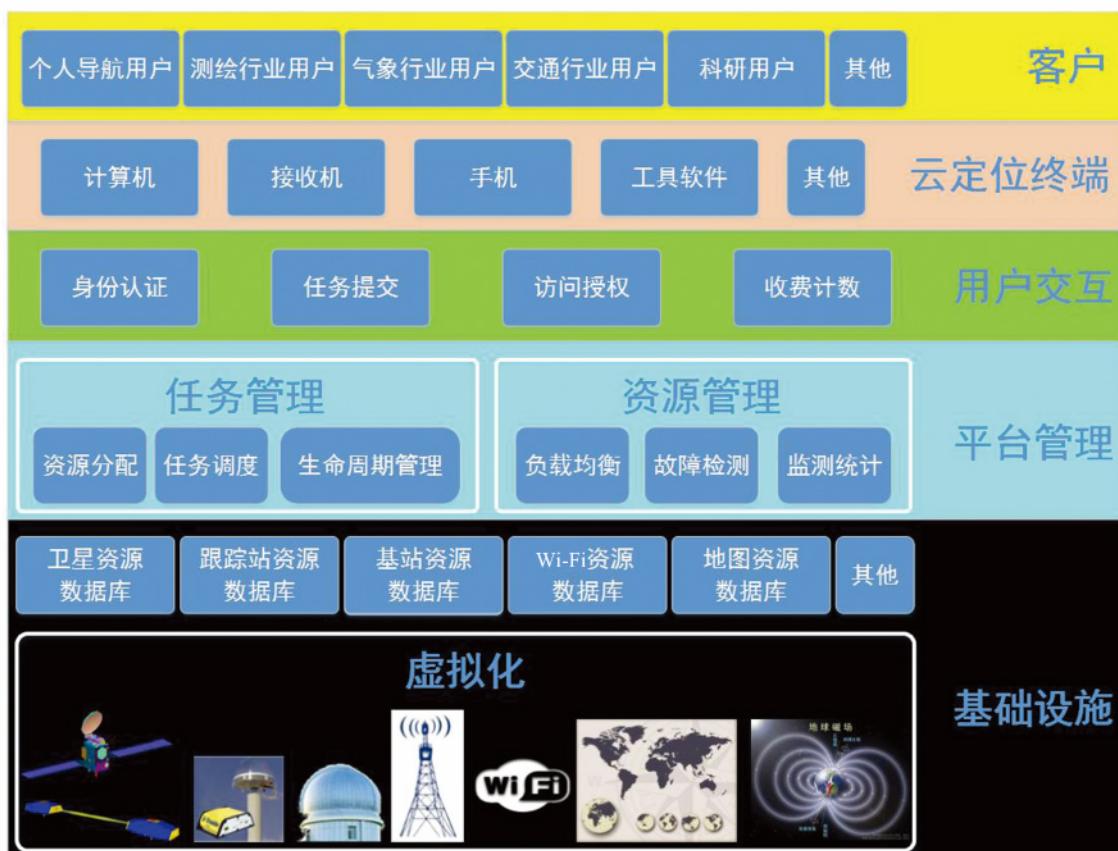


图 1 云定位平台架构图

Fig. 1 Framework of Cloud Positioning Platform

升级:进一步扩展了 RTK 技术的服务范围和服务规模,也进一步提升了 RTK 技术作业效率,降低了作业成本。

## 2.2 广域精密定位

广域精密定位系统同样由地基跟踪站网、数据处理中心、数据通信链路以及用户部分组成。不同的是,其数据处理中心生成的是卫星精密轨道、钟差、相位未矫正偏差(UPD)以及精密电离层产品。用户实时接收精密定位产品,采用 PPP 技术获得 dm 甚至 cm 级的定位服务。

采用 PPP 技术可实现全球覆盖的服务。然而,由于采用集中式处理模式,虽然跟踪站数以万计,但精密轨道、钟差、电离层产品处理时仅能利用上百个跟踪站数据。

与基于云定位平台的网络 RTK 系统实现类似,在云定位平台中并不存在物理上的广域精密定位服务数据处理中心,而是由测绘部门、商业公司或科研单位上传各自精密轨道、钟差、UPD 以及电离层处理软件,并申请相应的计算、存储及参考站资源,提交生成上述产品的任务。广域用户提交请求后,云定位平台将自动为其从存储资源中调取精密产品,实现广域精密定位。在该模式

中,虽然云定位平台自身并不提供广域精密定位服务,但由于其他用户的轨道、钟差、电离层处理软件各异,且互为备份,因此其服务具有更强的容错性以及更高的可靠性。提交精密轨道、钟差、UPD 以及电离层处理任务的用户既是云定位平台的客户,也可以通过该平台发布其产品实现商业价值。

## 2.3 Wi-Fi 定位

Wi-Fi 网络公共设施的大量部署使基于 Wi-Fi 的室内定位成为目前热点和发展趋势。由于 Wi-Fi 信号传播对环境的依赖性,在其覆盖范围内各位置上信号强度是唯一的,该特征也被称为该位置的“指纹”。基于 Wi-Fi 的定位需要首先建立指纹数据库,用户通过扫描信号强度,将其与预先存储在数据库中的“指纹”数据进行匹配,找到最相似的结果来进行定位。

由于室内结构的复杂性,上述工作模式仅适用于单个或少量 Wi-Fi 热点的定位服务。同时,传统 Wi-Fi 定位服务具有一定的封闭性,Wi-Fi 热点各自形成一个服务孤岛,无法为用户提供连续无缝服务。当利用本文所述的云定位平台时,由于采用了分布式云处理技术,不仅能管理特大

城市 Wi-Fi 定位指纹库的海量级数据,同时打破了 Wi-Fi 技术之间以及 Wi-Fi 技术与其他测量手段之间的壁垒。如图 2 所示,移动终端用户 A、B 同时具备 GNSS 与 Wi-Fi 信号捕获功能,其定位请求发送至云端后,平台不仅能为用户 A、B 提供室内外云定位服务,同时可根据用户 GNSS 定位结果推导 Wi-Fi 信号源在 ITRF 框架下的坐标。基于该模式,各 Wi-Fi 热点将具备虚拟的 IP 地址,同时能够自动获取更新其真实的物理地址。在此场景下,即使用户 C 仅使用 Wi-Fi 云定位,也可以获得 ITRF 框架下概略坐标。

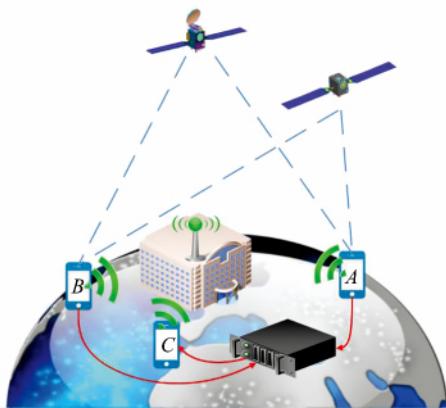


图 2 基于云定位平台的 GNSS、Wi-Fi 室内外融合定位

Fig. 2 Fusion Positioning of GNSS and Wi-Fi Based on the Cloud Positioning Platform

#### 2.4 通信基站定位

随着移动互联网的迅速普及,基于位置的服务(location based service, LBS)需求飞速增长,基站无线定位技术也越来越受到重视。根据所依赖的基站个数,基站定位技术又分为单基站定位技术(cell of origin, COO)以及多基站定位技术(time difference of arrival, TDOA)等。COO 根据移动设备当前连接的基站的位置来确定设备的位置,定位精度有限;TDOA 基于电波传播时间的定位方法,通过测量多个基站信号达到移动设备的时间差以及基站坐标实现后方交会,定位原理与卫星导航类似。

与基于 GNSS 的移动定位手段相比,基站定位具有定位速度快、成本低、耗电少,同时满足室内外应用需求等优势。但基站定位服务的性能很大程度上依赖于基站位置信息的更新管理。显然,与 Wi-Fi 云定位的工作原理一致,通过云平台管理的通信基站也将具备全球统一框架下的物理地址,为基站位置信息数据库的动态更新提供便捷的手段,可以实现 ITRF 框架下用户概略坐标服务。另一方面,由于测时精度有限以及多路径

影响,单纯的基站定位已无法满足用户日益增长的定位精度需求。在此背景下,A-GPS 技术应运而生。它是一种结合了网络基站信息和 GPS 信息对移动台(mobile station)进行定位的技术,可以在 GSM/GPRS、WCDMA 和 CDMA2000 网络中使用。现有 A-GPS 技术需要在移动网络中建设位置服务器、差分基准站等设备,极大地增加了服务成本。而通过云平台的统一管理调度,各类具备 GNSS 信号捕获的设备自身即可作为差分基准站,不仅有利于 A-GPS 服务的动态扩展,同时极大地降低了维护成本。

### 3 结语

信息化的重点在于时间和空间四维框架下的信息整合。本文结合空间定位技术的发展,提出了一种云定位服务平台,给出了架构图,并讨论了三种常见的定位服务模式在云定位平台上的实现。云定位平台在可扩展性、可靠性、系统维护成本以及用户使用的灵活性等方面都具有传统服务模式无法比拟的优势,也为高精度导航定位以及 ITRF 时空框架的普及提供了有效途径。通过云定位,用户不仅可以获取增强服务,也可以实现商业价值。

与云计算、云存储一样,云定位平台的发展将会衍生出一系列大数据应用,如基于用户位置大数据的智能交通系统、基于空间测量大数据的大气模型精化等。但另一方面,网络通讯以及隐私问题也是云技术发展必须解决的问题,这些问题对于云定位尤为突出。随着通讯技术的快速发展,云定位网络通讯问题将得到较好解决。对于部分跟踪站由于保密等原因无法实时将观测数据上传云端的状况,可采用混合云(该部门自己建立一个私有云作为云定位平台中一个处理节点)实现精密数据处理,也可以采用虚拟化技术,实现基站真实数据资源的隐身。

### 参 考 文 献

- [1] Yang Yuanxi. Progress, Contribution and Challenges of Compass/ Beidou Satellite Navigation System [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2010, 39(1): 1-6(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)
- [2] Bookamp H. Global GPS Reference Frame Solutions of Unlimited Size[J]. *Adv Space Res*, 2010, 46(2): 136-143
- [3] Shi Chuang, Lou Yidong, Song Weiwei, et al. A

- Wide Area Real-time Differential GPS Prototype System and the Initial Results [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2009, 34(11): 1 271-1 274 (施阖, 楼益栋, 宋伟伟, 等. 广域实时精密定位原型系统及初步结果[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2009, 34(11):1 271-1 274)
- [4] Shi Chuang, Lou Yidong, Song Weiwei, et al. A Wide Area Real-Time Differential GPS Prototype System in China and Result Analysis [J]. *Surv Rev*, 2011, 43(322): 351-360
- [5] Weiss A. Computing in the Clouds[J]. *Networker*, 2007, 4: 16-25
- [6] Chetty M, Buyya R. Weaving Computational Grids: How Analogous are They with Electrical Grids? [J]. *Computing in Science & Engineering*, 2002, 4: 61-71
- [7] Buyya R, Yeo C S, Venugopal S. Market-oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering It Services As Computing Utilities[C]. The 10th IEEE International Conference, Dalian, 2008

## Technology of Cloud Positioning and Its Platform for Positioning Service

SHI Chuang<sup>1,2</sup> ZHANG Hongping<sup>1,2</sup> GU Shengfeng<sup>1</sup> LOU Yidong<sup>1</sup> TANG Weiming<sup>1</sup>

1 GNSS Research Center, Wuhan University, Wuhan 430079, China

2 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing,  
Wuhan University, Wuhan 430079, China

**Abstract:** Traditional centralized high-precision navigation and positioning services cannot meet the public users' demand for reliability, scalability and service diversity. This paper describes cloud positioning, and the way in which various positioning resources are managed and integrated comprehensively to optimize technology convergence and resources sharing, based on cloud technology. We present the cloud positioning, framework and discuss the realization of several traditional positioning technologies through the cloud positioning platform, i. e. , GNSS Network RTK, GNSS wide area precise pointing positioning, Wi-Fi positioning, communication base-station positioning and others. We argue that, compared with the traditional technologies, cloud positioning has more advantages in scalability, reliability, the maintenance cost and feasibility. Using the cloud positioning platform, not only can users enjoy various high precision positioning services, but also optimizes allocation of resources to provide personalized services. An efficient business model and technical approach will allow for the popularization of precise navigation and positioning services.

**Key words:** cloud positioning; ubiquitous positioning; precise positioning; XiHe system; indoor positioning; vechile navigation

**First author:** SHI Chuang, PhD, professor, specializes in spatial geodesy and GNSS positioning and navigation. E-mail: shi@whu.edu.cn

**Corresponding author:** Zhang Hongping, PhD, professor. E-mail: hpzhang@whu.edu.cn

**Foundation support:** The National High Technology Research and Development Program of China (863 Program), Nos. 2013AA12A204, 2015AA12403.