

A New GNSS Network Positioning Service Software—EarthNet

PAN Shuguo¹, WANG Qing², KE Fuyang³

School of Instrument Science and Engineering, Southeast University, Nanjing, China

Email: panshuguo@gmail.com, wq_seu@seu.edu.cn, ke.fuyang@gmail.com

Abstract: A new Network DGPS software—EarthNet was introduced, including network communication frame, main function modules and their relations. The key techniques of the software were also proposed, such as ambiguity resolution, troposphere and ionosphere error model and interpolation arithmetic. In addition, the main functions of the post data Web service were introduced. At last, the performance indexes of EarthNet were analyzed and given.

Keywords: GNSS; network DGPS; EarthNet; network communication

一种新的 GNSS 网络定位服务软件—EarthNet

潘树国¹, 王庆², 柯福阳³

东南大学仪器科学与工程学院, 南京, 中国, 210096

e-mail: panshuguo@gmail.com, wq_seu@seu.edu.cn, ke.fuyang@gmail.com

摘要: 介绍了 GNSS 网络差分定位服务软件 EarthNet 的网络通讯架构、主要功能模块以及各主要功能模块之间的关系, 阐述了实时差分定位服务软件所采用的模糊度快速解算、对流层误差、电离层误差生成技术等关键技术, 另外还介绍了事后数据 Web 服务的主要功能。最后, 给出 EarthNet 的各项技术性能指标。

关键词: GNSS; 网络差分; EarthNet; 网络通讯

1 引言

自从我国在深圳市建立第一个以网络RTK服务为主要功能的连续运行参考站系统至今, 我国在北京市、上海市、天津市、江苏省、广东省、昆明市、青岛市等省市或部门都相继建立以网络RTK服务为主要目的的CORS, 最近几年发展迅速。但CORS所采用的管理和定位服务软件都采用国外的商业软件, 如Trimble公司采用虚拟参考站技术(VRS)的GPSNetwork、Leica公司采用主辅站技术(MAX)的SpiderNet, 而GPSNetwork几乎处于垄断的地位^[1,2,3]。另外国外还有TopNet、GNSMART等。但国外的商业软件价格普遍比较昂贵, 且部分功能无法满足国内CORS特殊行业的需要。因此, 我国也对网络RTK的关键算法和技术进行研究, 并且开发出相应的软件, 如武汉大学采用综合误差内插技术开发的PowerNetwork、西南交通大学采用增强虚拟参考站技术开发的Venus^[4,5]。

最近几年, 东南大学也对网络差分的关键算法和技术进行了研究, 并成功开发出了以虚拟参考站技术为基础的网络差分系统软件——EarthNet。本文将介绍系统网络通讯架构, 软件的主要功能模块、关键技术以及软件的主要性能指标。

2 系统网络通讯架构

系统的网络通讯架构如图1所示, 由三大部分组成: 参考站、数据控制中心、用户。参考站部分由3个以上的参考站组成, 其设备主要包括: 连续运行参考站的GNSS接收机、天线, UPS, 避雷设施。数据控制中心是系统的“心脏”, 其硬件主要包括交换机、数据转发服务器、计算软件服务器、数据Web服务器、防火墙、显示器, 软件主要有: 数据库管理软件、计算软件、Web服务软件、NtripCaster、操作系统等。用户部分包括实时定位服务客户和事后服务客户。

系统的网络通讯是整个系统的“脉络”, 对网络延迟、稳定性、数据安全性有严格要求。参考站与数据控制中心之间的通讯采用专网或VPN, 确保数据传输的稳定、安全、快速。其数据传输协议采用TCP/IP

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点项目课题
(No: 2008BAJ11B05)

或者 Ntrip 协议。TCP/IP 是一种比较简单网络数据传输协议，而 Ntrip 协议是针对 GNSS 数据网络传输的一种专用的数据加密协议，当采用该协议时，需要在

参考站部分安装 NtripServer，在数据转发服务器上安装 NtripCaster。Ntrip 协议有利于数据中心对参考站数据传输进行统一管理，有利于不同系统之间的数据共

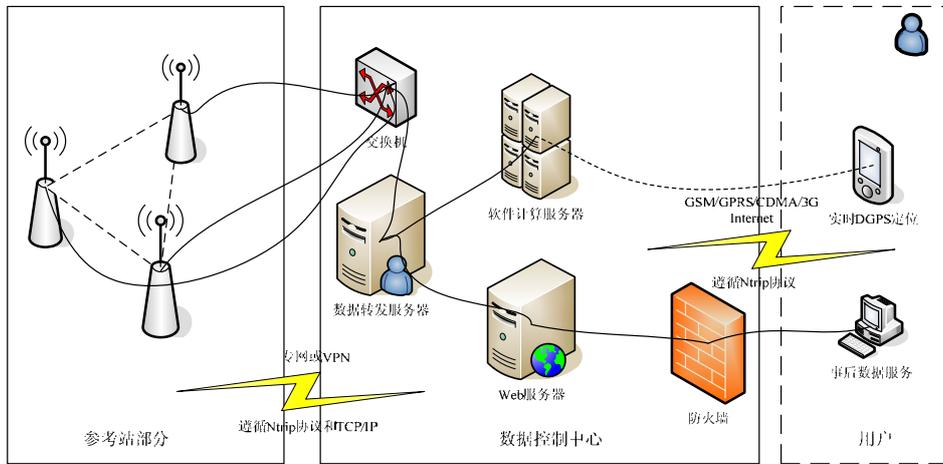


Figure 1. System network frame
图 1. 系统网络通讯架构

享，特别是采用局域网建立的系统。数据控制中心内部的数据通讯，都是由计算软件服务器和 Web 服务器从数据转发服务器接收数据，向用户播发数据，其中为了数据安全，Web 服务器与外网联接需采用防火墙技术。用户与数据控制中心之间的通讯根据服务对象的不同，分别采用 GSM/GPRS/CDMA/3G (实时服务) 和 Internet (事后服务)，都遵循 Ntrip 协议，用户部分相当于 NtripClient。

3 中心服务软件

中心服务软件包括数据处理软件和 Web 服务软

件。数据处理软件主要是通过参考站的观测数据进行实时处理，计算出用户的差分改正数，并实时向其播发进行差分改正。Web 服务软件，是对参考站的事后数据进行数据库管理，为用户提供标准的事后数据服务，满足用户高精度定位的需求。

3.1 数据处理软件

3.1.1 软件介绍

东南大学自主研发的数据处理软件 (如图 2)，能够提供网络 RTK 和网络 RTD 服务，主要由五大功能模块。



Figure 2. EarthNet data processing software
图 2. EarthNet 数据处理软件

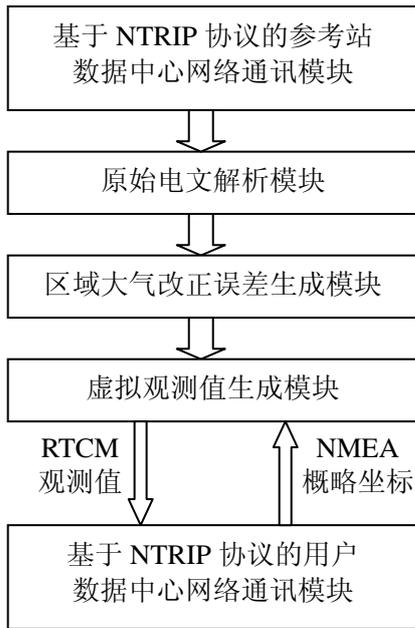


Figure 3. Processing steps of main modules

图 3. 主要功能模块处理流程

- (1) 基于 NTRIP 协议的参考站、数据中心网络通讯模块，接收各参考站的原始观测数据；
- (2) 原始电文解析模块，对原始观测值进行解析生成 RINEX 格式的观测文件；
- (3) 区域大气改正误差生成模块，利用各参考站的观测信息生成参考站所覆盖区域的大气改正数；
- (4) 虚拟观测值生成模块，利用区域大气改正数和用户提供的概略坐标在用户旁边虚拟一个参考站，

生成伪距和载波相位观测值；

(5) 基于 NTRIP 协议用户、数据中心网络通讯模块，用于用户与数据中心之间的网络通讯，用户将概略坐标以 NMEA 的格式上传至数据中心，然后数据中心将虚拟观测值以 RTCM 的形式发至用户。

五大功能模块之间数据处理流程如图 3 所示。另外还有用户管理模块、参考站网络生成模块、改正信息格式编辑模块。

3.1.2 关键技术

模糊度的快速解算是网络差分定位的核心技术。只有快速确定参考站间的双差模糊度，才能准确地计算出流动站的误差改正数。本文采用常用的模糊度解算方法：首先利用宽巷的长波长特性，快速地解算出宽巷模糊度；然后采用无电离层组合解算出 L1 双差模糊度，采用 LAMBDA 算法固定，再利用 L1、L2 双差模糊度与宽巷模糊度的关系计算出 L2 模糊度。

根据参考站间的双差模糊度解算，由电离层、对流层的误差模型估计出参考站间的电离层、对流层误差。另外，解算出轨道误差。再根据用户概略坐标，采用内插技术计算出流动站用户的误差改正数，然后由虚拟参考站技术在用户旁边生成一个虚拟参考站，构造出虚拟观测值，将其以 RTCM 的形式播发给用户进行差分定位。

3.2 Web 服务软件

Web 服务软件主要用于事后数据的服务，其主页面如图 4，具有如下几项功能。

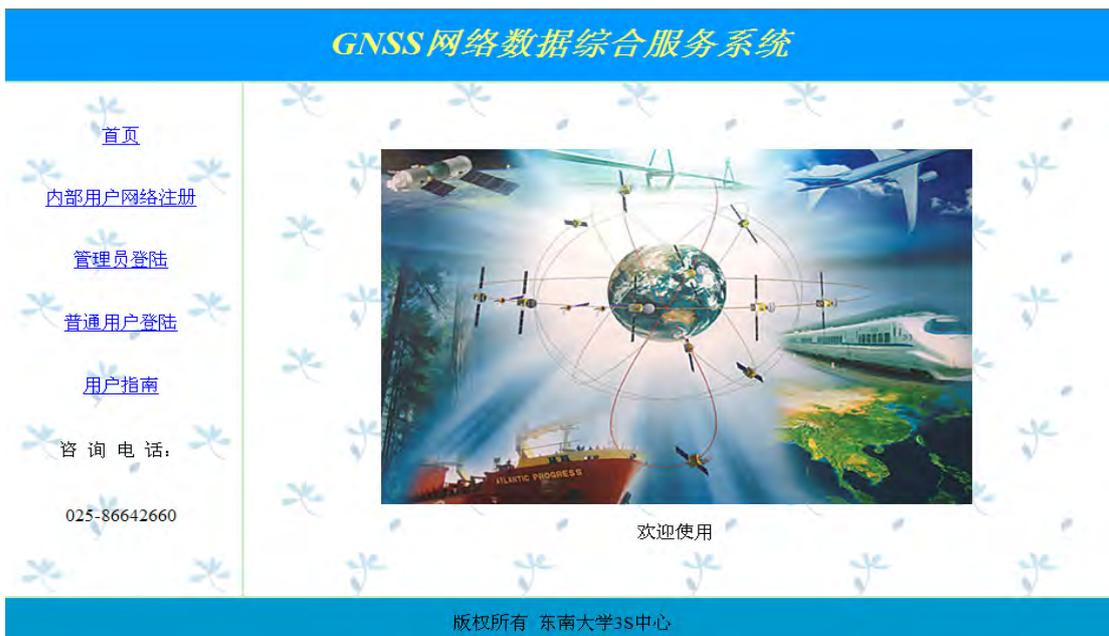


Figure 4. GNSS web service software

图 4. GNSS Web 服务软件

(1)用户管理：系统管理员可以根据用户的网上申请，对用户的基本信息进行修改、维护以及对用户进行收费。

(2)项目管理：可以对项目进行操作，如添加、删除、浏览等。

(3)数据管理：可以对数据进行格式转换、坐标转换参数解算、数据压缩加密等。

(4)客户端数据的上传和下载：主要是提供原始观测数据或者根据用户的申请提供其所需要的数据。

4 EarthNet 的主要性能指标

软件的初始化时间、用户初始化时间、用户的定位精度是网络差分定位服务的三个主要性能指标。2008年9月，在南京东南大学江宁、浦口、四牌楼三个校区建立了三个参考站。2009年5月在天津建立了12个参考站，覆盖整个天津市。通过长期的测试分析，且在南京地区与江苏 CORS 进行了比较测试，最终得出了软件的主要性能指标如表1所示。

Table 1. The main performance indexes of EarthNet
表 1. EarthNet 主要性能指标

项目	内容	指标
兼容性	基准站设备	Trimble 系列基准站接收机 (Binex) 中海达、南方、合众思壮国内主流厂家生产的基准站接收机
	流动站用户	差分模块的双频接收机 (RTK)、单频接收机 (RTD)
	数据格式	RTCM2.x,RTCM3.1 (实时), Rinex (事后)
覆盖范围	参考站间距离	80km
	网外作业范围	20km 以内
精度	网络 RTK	水平:1.4cm(内符合) 3.3cm(外符合) 垂直:2.8cm(内符合) 7.9cm(外符合)
	网络 RTD	水平: 35cm(内符合) 43cm(外符合)
初始化时间	软件初始化时间	20 分钟-30 分钟
	流动站初始化时间	平均小于 27s

5 结语

EarthNet 是由东南大学自主研制的包括实时网络差分信息服务和事后 GNSS 数据 Web 服务的综合服务系统。其中实时网络差分服务软件采用先进的 GNSS 算法和虚拟参考站技术，其各项性能指标都达到或接近国外先进产品的水平。目前，EarthNet 已经投入到“十一五”国家科技支撑计划重点项目——“网络化数字调查技术开发”长沙、青岛、天津的试点工作中。但其市场化水平和竞争力有待进一步提高和增强。

References (参考文献)

[1] Herbert Landau, Ulrich Vollath, Xiaoming Chen. Virtual Reference Station Systems [J]. Journal of Global Positioning Systems, 2002, 1(2): P137-143.

[2] Leica Geosystems. Leica Geosystems Networked Reference Stations [R]. 2005.

[3] Frank Takac, Oliver Zelzer. The Relationship Between Network RTK Solutions MAC, VRSTM, PRS, FKP and i-MAX [C]. in: Proceedings of ION GNSS 2008, Savannah, Georgia, USA, September, P16-19.

[4] Herbert Landau, Xiaoming Chen, Sören Klose, et al. Trimble's RTK and DGPS Solutions in Comparison with Precise Point Positioning [C]. Proceedings of the 2007 IAG General Assembly.

Perugia, Italy, 2007. P709-718.

[5] Tang Weiming, Liu Jingnan, Chen Rigao. Introduction of PowerNetworks Key Technolgies and Analysis of Its Performance[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan Univesity, 2008, 33(8): P868-871(Ch).
唐卫明, 刘经南, 陈日高. PowerNetwork 软件关键技术介绍和性能分析[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2008, 33(8): P868-871.

[6] Zhou letao, Huang Dingfa, Xu Rui, et al. A New Network RTK—Augmentation Reference Station[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan Univesity, 2008, 33 (1): P76-80(Ch).
周乐韬, 黄丁发, 徐锐等. 一种网络 RTK 新技术——增强参考站[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2008, 33(1): 76-80.

[7] H. Sun, M. E. Cannon, T. E. Melgard. Real-Time GPS Reference Network Carrier Phase Ambiguity Resolution [C]. Institute of Navigation National Technical Meeting, San Diego, USA, P25-27 January, 1999.

[8] Ke Fuyang, Wang Qing, Pan Shuguo, et al. Key Algorithm and Technique of VRS Network RTK and Precision Analysis[J]. Journal of Astronautics, 2009, 30(3): P1287-1291(Ch).
柯福阳, 王庆, 潘树国等. VRS 网络 RTK 关键算法与技术及精度分析[J]. 宇航学报, 2009, 30(3): 1287-1291.

[9] Ke Fuyang, Wang Qing, Pan Shuguo. Model of GNSS network RTK algorithm and test analysis[J]. Journal of Southeast Universtiy(Natural Science Edition), 2009,39(4): P733-737(Ch).
柯福阳, 王庆, 潘树国. GNSS 网络 RTK 算法模型及测试分析[J].东南大学学报(自然科学版), 2009, 39(4) : P733-737.