

# GPS 天线阵列接收机及其配套软件

王新洲<sup>1,2</sup>, 邹双朝<sup>1,2</sup>

(1. 武汉大学 灾害监测与防治研究中心, 湖北 武汉 430079; 2. 武汉大学 测绘学院, 湖北 武汉 430079)

**摘 要:**介绍 GPS 天线阵列接收机产生的背景, 简述 GPS 天线阵列接收机的工作原理和系统的组成, 包括 PDA 控制系统、GPS 信号放大器、无线传输系统。重点论述配套的处理软件和在线灾害监测分析系统, 指出该接收机及其配套软件具有成本低廉、实用性强、安全性高、预测模型先进等优点, 展望了其在灾害监测方面很好的市场推广前景。

**关键词:**GPS 天线阵列接收机; 配套软件; 在线灾害监测

**中图分类号:**P228.4      **文献标识码:**B      **文章编号:**1006-7949(2007)03-0043-05

## GPS antenna array receiver and its supported software

WANG Xin-zhou<sup>1,2</sup>, ZOU Shuang-chao<sup>1,2</sup>

(1. Research Center for Hazard Monitoring and Prevention, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 2. School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** It introduces the background of GPS antenna array receiver, and presents the principle and structure including PDA, the amplifier device of GPS signal and the wireless transmission technique of GPRS based on GSM network. The data processing software has been given and realized by visual C++ 6.0. It concludes that the receiver is used practicably and the cost is very practical. The application of it in hazard monitoring is prospected.

**Key words:** GPS antenna array receiver; supported software; hazard monitoring online

GPS 技术以高精度、高效益、全天候和无需通视等优点, 广泛应用于建筑物和构筑物(如大坝、桥梁、滑坡)的变形监测。采用 GPS 进行变形监测, 一般有两种模式。一种模式是用几台 GPS 接收机, 人工定期逐点采集数据, 通过后处理获得各期之间的变形。这种模式由于是人工采集数据, 不能实现自动化, 也不能获取监测物体的连续变形, 特别是当监测点位于偏远的、陡峭的地方, 采用这种模式进行监测比较困难。另外一种模式是每个监测点上固定安置一台 GPS 双频接收机, 不间断地进行全天候的自动监测。这种模式可以实现高度自动化, 大大减轻外业工作量, 同时又能够实时得到监测点的三维坐标, 其缺点是建设成本太高, 不便于推广应用, 如隔河岩大坝监测系统就是这种模式。由于两种模式各有优缺点, 自然希望有一种模式能取两者之长, 避两者之短。为此, 我们研制成功了 GPS 天线阵列接收机(见图 1、图 2)。应用我们研制的 GPS 天线阵

列接收机进行变形监测, 其监测成本既经济又能实现全天候的自动化监测、实时监测和远程监测。



图 1 GPS 天线阵列接收机(正面)

### 1 GPS 天线阵列接收机的工作原理

传统 GPS 接收机只能接一个卫星天线, 只能获取一个监测点的观测数据。GPS 天线阵列接收机则是一台 GPS 接收机连接多个 GPS 天线(如图 2 所示, 一台接收机连接 8 个天线), 能大大减少 GPS 接收机的数目, 从而可以大幅度降低监测系统的设

收稿日期: 2007-01-31

项目来源: 武汉市科技资助项目(200760323113)

作者简介: 王新洲(1955~), 男, 教授。

备成本。



图 2 GPS 天线阵列接收机(背面)

GPS 天线阵列接收机主要由 GPS OEM 板、GPS 天线阵列控制器、GPS 信号放大器、控制手薄和电源组成,其电路原理图如图 3 所示。控制手薄可采用智能 PDA 手机,暂选为自带有 Microsoft 公司的嵌入式操作系统 Windows CE,并利用 eMbedded Visual C++ 4.0 + Microsoft Pocket PC 2003 SDK 开发工具,编写接收机的 PDA 远程控制程序和数据传输程序。另外,利用 Visual C++ 6.0 开发工具编写了桌面 PC 控制程序,按照标准的 Rinex 格式对天线阵列接收机的各个天线观测数据分别输出。电源系统考虑便携性和长期工作的需要,采用蓄电池和交流电并举的方案,适当的时候采用太阳能充电系统,保证接收机在野外正常长期工作,其野外操作示意图如图 4 所示。

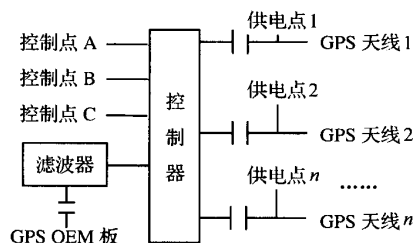


图 3 GPS 天线阵列接收机电路原理图

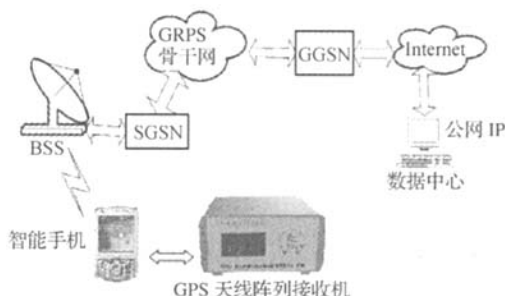


图 4 GPS 天线阵列接收机野外操作

在桥梁、滑坡等监测的区域比较广的地域,监测点之间的距离可能很远,使用 GPS 天线阵列接收机系统会遇到 GPS 信号远距离传输的问题。当 GPS 信号传输距离过远时,信号的损失相当大,甚至完全丢失。根据实验,利用我们提供的低衰减射频电缆,当传输距离超过 100 m 时需要使用专门研制的 GPS 低噪声信号放大器。如图 5 所示。此放大器利用 MMIC 技术设计而成,其自身产生的干扰噪声非常小,并且为 GPS 信号做了专门的优化,对其他频段的干扰信号有一定的抑制作用。在 HP 的频谱分析仪上可以测出,此放大器的放大倍数为 18d bm。利用多级放大器,至少可以实现 GPS 信号 1 000 m 的有效传输。



图 5 GPS 信号放大器

GPS 天线阵列接收机具有分时观测和同时观测两种观测模式。分时观测就是在任何一个历元内都只有一个天线接收信号,这个天线一直工作到设定的时间结束再自动启动下一个天线。同时观测则是在一个历元内每个天线都接收信号。

## 2 GPS 天线阵列配套软件

### 2.1 天线阵列接收机控制系统

采用智能 PDA 手机的控制手薄,不需要像采用工控机系统那样付出高昂的代价,另外在性价比、稳定性、适应性等方面,嵌入式测控系统有明显优势。智能 PDA 控制手薄可以对天线阵列接收的采样率、截止高度角、各个天线的切换时间、观测数据传回服务器的时间间隔等各种参数进行设置。利用 GPRS 网络传输,可以让外业操作人员更简单的完成测量工作,让服务器的数据处理中心实时查看观测数据,对外业的质量控制起到监控的作用。当然为了让 GPS 天线阵列接收机更具实用性,还开发了配套的 PC 软件,其界面如图 6、图 7 所示。该系统具有下列功能:

1) 可以控制天线阵列接收机切换天线的顺序,并对各个天线进行监测站名设置;

2) 可以对天线阵列接收机的切换时间间隔进行设置;

- 3) 可以设置接收机的数据采样率和截止高度角;
- 4) 可以实时显示观测天线的数据情况和卫星接收的情况。



图 6 接收机控制系统的设置界面

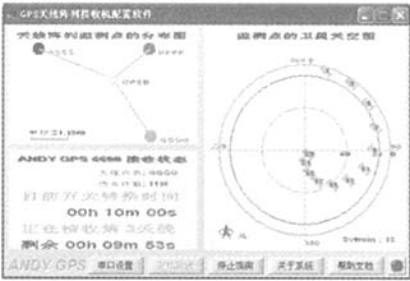


图 7 控制系统的接收数据界面

2.2 在线灾害监测分析系统

由于互联网的迅速发展, 智能灾害监测系统与网络通讯技术相结合从而发展成为具有远程硬件管理、远程数据管理等功能的新一代网络化在线灾害监测系统。两者的结合可以将所有传感器数据的管理和使用工作和部分野外现场的非实时的数据分析工作在远程的野外采集终端进行。这种结构系统有利于提高数据对象信息应用的时效性, 科研人员和工程技术人员即使不在控制现场, 也可以通过网络随时了解现场的野外灾害监测系统运行情况和系统参数的实时变化, 并可根据具体情况通过网络在客户计算机上对在控制现场运行于服务器计算机的控制系统发出命令, 及时调整野外灾害控制系统运行状况, 从而达到在线灾害监测的目的。

文献[2]中认为数据采集系统硬件设计通常遵循的原则: 1) 满足正常使用原则; 2) 较高性价比原则。GPS 天线阵列接收机在进行灾害区域的外观监测设计中, 不但可以满足高精度的测量要求, 而且满足非常高的性价比, 在同等价格下, 能够获取更多监测点的外观数据, 具有传统 GPS 无法比拟的优点。结合 GPS 天线阵列接收机和 Web 技术设计了万方数据

一套 GPS 天线阵列在线灾害监测系统, 其主要包括数据采集系统、数据传输控制系统、数据管理处理系统、灾害分析与预警系统, 如图 8 所示。

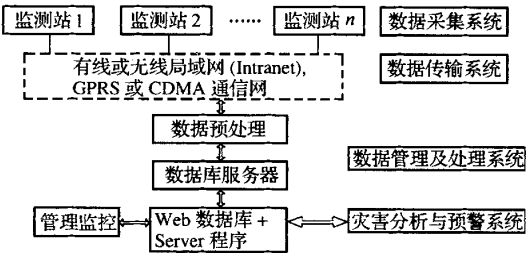


图 8 在线灾害监测系统的整体示意图

2.2.1 数据采集系统

该系统集成多种因变量传感器(水位、雨量、流量、温度等)、GPS 天线阵列接收机和其它监测设备(倾斜仪、地裂缝位移计等)于一体无人职守野外数据综合采集系统。如图 9 所示, 其主要功能包括对各种传感器的串口参数、标识号、观测量等进行控制; 对 GPS 天线阵列接收机的串口参数、控制天线数、各个天线的点名、切换时间、数据采样率、截止高度角等进行控制; 对其它监测设备的串口参数、标识号、观测量等进行控制。另外无线通讯系统将采集的各种数据远程发送回数据处理中心。

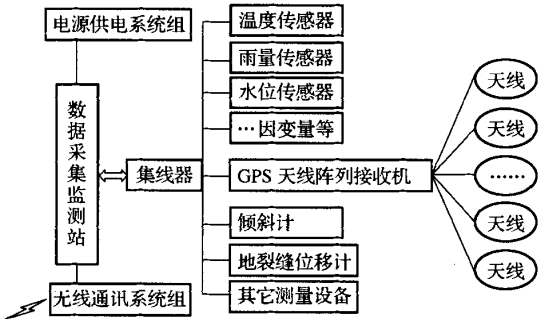


图 9 数据采集系统设备组成示意图

2.2.2 数据传输控制系统

目前解决数据传输的方法有: 铺设光纤、租用专线、租用卫星、架设微波和 GPRS(CDMA 1X)无线传输。铺设光纤费用太高, 租用专线租金贵得难以承受, 租用卫星价格昂贵又存在带宽不够的问题, 而微波却能提供性价比最高的解决方案。与常规数字微波相比较, 扩频微波具有相对价格低廉、保密性好及可以点对点, 点对多点应用的特点, 另外, 有些产品甚至能够内置全部路由功能并且直接提供 IP 协议基础的以太网接口, 极大方便了将监测数据联入

互联网。GPRS(CDMA 1X)无线数据传输方案具有无需布线、几乎不受区域限制等优点,也可作为在线灾害监测系统的数据传输。

1) 无线微波扩频通信数据传输设备主要包括3个组成部分:串口设备服务器、中心及远端路由器和天线。串口设备服务器使用标准的 Windows 网络 API 函数,根据不同客户软件设置提供 TCP Server Mode、TCP Client Mode 和 UDP Mode 3 种模式网络连接,如果在数据处理中心的计算机上安装了真串口驱动程序后,就可以通过以太网接口来读取监测设备的串口数据。中心及远端路由器和发射天线是按照标准的无线局域网协议(IEEE 802.11)设计的,可实现高达11Mbps的数据传输速率,其传输距离一般可以达到6~7 km。

2) GPRS(CDMA 1X)无线传输设备主要是 GPRS 拨号设备(具有固定 IP)、相关的自动传送数据软件,另外是通信服务商在该区域必须提供该种数据服务。

### 2.2.3 数据管理及处理系统

网络数据管理及处理系统是采用 Visual C++ 6.0 作为开发平台,SQL Server 作为数据库,结合网络通信的特点而研制的实时综合数据处理系统。在网络访问模式方面,本系统采用 Browser/Server 模式,这种模式无需在每台计算机上安装专门的软件,面向不特定的用户,客户机无需维护和升级。

各监测站将野外采集的数据通过无线通信系统,发送到数据管理中心,综合处理后存入数据库服务器。数据管理及处理系统是在线灾害监测系统的一个重要组成部分,其主要由系统监控软件、监测站观测信息数据库管理软件组成。其中,系统监控软件可以自动反馈信息,并将监测站发回的各类观测数据存入数据库,同时可以根据用户的命令对野外监测站实现远程控制。观测信息数据库管理软件则可随时按照要求提取所需要的观测数据,特别是天线阵列接收机的观测数据,导出时需按照标准的 Rinex 格式,方便其它程序读取。GPS 观测数据如果不经处理,达不到监测的精度,所以在数据库入库后,需要定时或实时的对观测数据进行差分处理、基线计算、网平差和计算结果入库。

### 2.2.4 灾害分析与预警系统

从远程调用数据库的监测点坐标变化数据、传感器数据(温度、水位、雨量等),建立各种数学模型如多元线性回归分析法、模糊神经网络(FNN)、支持向量机 SVM(Support Vector Machine)对监测区域进行分析并生成图文报告,从而对监测区域灾害

的机理研究和情况判断提供极有价值的辅助参考,最终实现对区域灾害的预警预报。

回归分析及预测预报模块主要根据前几期观测成果,来模拟点位的变形曲线,并预报今后的变化趋势。由于影响变形体的因素往往错综复杂,导致沉降体的变形千姿百态,通过分析观测的变形(效应量)和外因(原因量)之间的相关性,来建立荷载-变形之间关系的数学模型。

模糊神经网络预报模型,具有训练时间短、预报精度高的优点,在东江大坝应用的实例表明 FNN 变形预报模型相对于其他变形预报模型具有一定的优势。

支持向量机是一种新的机器学习方法,它是建立在统计学习理论和结构风险最小化原则基础上的。应用支持向量机进行灾害预测预报,具有很高的预测精度和较强的泛化能力,是目前灾害预测预报的崭新方法。图 10 所示是应用支持向量机预报的结果。

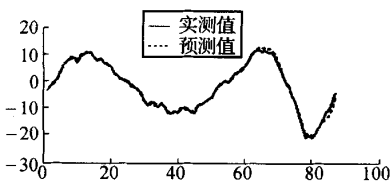


图 10 灾害分析与预警系统实测与预测比较图

## 3 结论

GPS 天线阵列接收机克服了目前 GPS 变形监测的缺点,结合无线网络传输和互联网远程访问技术,建立一套功能强大、成本低廉的在线灾害监测系统。其主要有以下特点:

1) GPS 天线阵列接收机改变了传统的变形监测方式,以一种更加廉价的方法获取较多监测点的变形。在自动化监测方案中,可以减少 GPS 接收机数量,8 个监测点只需一台 GPS 天线阵列接收机,这样就可以大大地减少监测成本。

2) GPS 天线阵列接收机的控制手簿采用 PDA 智能手机,使得 GPS 操作便携性增强。另外依靠无线通信技术,将各个监测点的观测数据,在一定时间间隔内发送到指定的数据服务器,为建立外业观测质量控制系统提供充分的观测数据。

3) GPS 天线阵列接收机的控制系统能控制天线的切换,使之象传统 GPS 接收机一样进行观测和设置,兼容其它数据处理软件。

4) 在线灾害监测系统实现了远程控制灾害现

场的天线阵列接收机,并能够实时获取监测点的变形。结合其它传感器的观测数据可以采取多种模型对变形进行分析,实现了灾害监测的预警。

### 参考文献

- [1]冉崇宪,邹进贵,王新洲,等.基于GPS天线阵列技术的变形监测系统研制[J].测绘通报,2006(8):28-30.
- [2]马瑞芳,王会燃.基于MIB的远程监测系统信息模型的研究[J].微电子学与计算机,2006,23(3):91-95.
- [3]过静琚,李冬航,周百胜,等.四川雅安滑坡自动化远程监测系统示范工程[J].测绘通报,2006(4):54-57.
- [4]周文松,李惠,欧进萍,等.大型桥梁健康监测系统的数据采集子系统设计方法[J].公路交通科技,2006(3).

- [5]李鲁群,李明禄.面向Java手机GPS数据采集与无线网络传输系统的研究[J].武汉大学学报:信息科学版,2004,29(8):728-731.
- [6]邓兴升,王新洲.根据历史位移预报大坝变形的神经网络方法[J].水电自动化与大坝监测,2004,28(2):51-53.
- [7]王新洲,邓兴升.大坝变形预报的模糊神经网络模型[J].武汉大学学报:信息科学版,2005,30(7):588-591.
- [8]范千.基于支持向量机的大坝变形分析与预报研究[D].武汉:武汉大学,2006.
- [9]刘遵雄,钟化兰,张德运.最小二乘支持向量机的短期负荷多尺度预测模型[J].西安交通大学学报,2005,39(6):620-623.

[责任编辑:刘文霞]

(上接第42页)

似的地物具有相似的光谱形状,然而光谱角匹配分类仅利用光谱角这一参数进行分类,物质组成相似的交通用地和居民地、因植被覆盖而被细化的道路和农村居民点在光谱角匹配分类中较多地被分为交通用地。结合光谱角的最大似然分类,一方面可以抑制由于地形和照度引起的增益,另一方面同时加入光谱角进行分类在光谱形状上丰富了数据的特征信息,能够更准确地描述光谱。从分类结果可知上述的错分现象得到一定的减少,分类精度由有最大似然分类的80.8%提高到87.4%,光谱角匹配分类精度为78.4%。

### 3 结 论

本文考虑到光谱角更侧重描述光谱的形状特征,将其加入分类可以从光谱形状来丰富数据特征。通过对最大似然法的后验概率判别函数进行修改,将光谱角以概率因子的形式融入影像分类。实验表明该方法不但保留了传统最大似然分类法的优点,而且有效地使光谱角参与分类,使分类结果精度得到提高。如何结合更多的知识参与分类以及用更有效的方法来确定先验概率以提高分类精度,还有待进一步研究。

### 参考文献

- [1]孙家柄,舒宁,关泽群.遥感原理、方法和应用[M].北京:测绘出版社,1997.
- [2]RICHARDS J A, JIA X. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction [M]. Berlin: Springer, 1999.
- [3]EL-MAGD IA, TANTON TW. Improvements in Land Use Mapping for Irrigated Agriculture From Satellite Sensor Data using a Multi Stage Maximum Likelihood Classification [J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(21):4197-4206.
- [4]骆剑承,王钦敏,马江洪,等.遥感图像最大似然分类方法的EM改进算法[J].测绘学报,2002,31(3):234-239.
- [5]游代安,蒋定华,余旭初.GIS辅助下的Bayes法遥感影像分类[J].测绘学院学报,2001,18(2):113-117.
- [6]刘良云,王纪华,赵春江,等.基于地物空间信息的浮动先验概率最大似然分类研究[J].遥感学报,2006,10(2):227-235.
- [7]KRUSE F A. The spectacle image processing system (SIPS)-interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data[J]. Remote Sensing of Environment, 1998, 44(3):113-118.
- [8]张良培,张立福.高光谱遥感[M].武汉:武汉大学出版社,2005.

[责任编辑:刘文霞]

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com)),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲,结合实际工程案例,直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>