

文章编号: 0494-0911(2003)12-0013-03

中图分类号: P228.4

文献标识码: B

新一代多天线 GPS 系统研制

晓利¹, 黄 震², 殷建华¹, 陈永奇¹, 孙永荣¹, 杨育文¹

(1. 香港理工大学 建设与地政学院, 香港; 2. 西南交通大学 土木工程学院, 四川 成都 610031)

A New Generation of Multi-antenna GPS System

DING Xiao-li, HUANG Ding-fa, YIN Jian-hua, CHEN Yong-qi, SUN Yong-rong, YANG Yu-wen

摘要: GPS 在近 20 多年来已经有了广泛应用。其中最为重要的应用之一就是对于诸如人为工程结构和地表变形的精确监测。但高成本的 GPS 硬件设备投入, 使得大规模推广使用受到一定的限制。为了降低变形监测应用中 GPS 硬件设备成本, 我们开发并研制了多天线 GPS 系统, 并已通过测试。这个系统由一系列特别设计的硬件和软件组成, 使得一台 GPS 接收机可连接多副 GPS 天线。这样, 只需一套设备就可以实现多个点位的监测, 从而成倍地降低成本。介绍本课题组开发的新一代多天线 GPS 系统, 包括数据获取、传输、处理、分析和显示的硬件和软件, 并对多天线 GPS 系统与传统岩土工程监测设备的集成作简要讨论。

关键词: 斜坡; 变形监测; 多天线 GPS; 集成

一、引言

许多人为和自然的结构体(例如建筑物、大坝、斜坡等)都不可避免地存在各种各样的变形和位移。研究这些变形或位移对于理解结构受诸如地下水位变化、台风等因素的影响以及评估结构的安全和健康状态是非常有帮助的。以香港为例, 这个山地城市存在许许多多的斜坡, 其中有许多存在潜在的危险。自二战以来, 已有 470 多人由于滑坡而失去了宝贵的生命。因此, 实施连续的变形监测及其诸如地下水位变化参数数据的综合分析, 对于理解和预防滑坡发生非常有意义。

20 年来, GPS 已经广泛应用于许多学科和领域, 且被证明是用于监测人为和自然结构变形和位移的一个非常有力的工具, GPS 提供了许多优于传统测量技术的方面, 简单说来, GPS 具有更加精确、有效、自动化和低劳动强度等优点。但是, 硬件投入大限制了 GPS 的大规模使用。对于变形体的连续监测来说, 每个被监测的点位都需要配备一套高质量的大地型 GPS 接收机, 这就使得设备费用投入太昂贵。为此, 我们提出了多天线 GPS 的思想, 将多副 GPS 天线和一台接收机相连, 形成所谓的多天线 GPS 系统, 特别适用于结构变形和位移监测^[1,2]。由本课题组研制开发的第一套系统是通过一台现成的、标准商品 GPS 接收机外接一个专门设计的 GPS 多天线开关(GMS: GPS multi-antenna switch)来实现的, 使得多副天线能和一台接收机连接在一起, 所

有天线所在的点位都能监测^[1,3]。这样, 每个用于监测点位的 GPS 硬件成本就大大减少, 实际上是成倍地减少, 从而使得 GPS 技术更加实用化, 在许多领域的应用中成为可能。

为了进一步降低系统的成本和改善其性能, 第 2 代多天线 GPS 系统也已经研制成功。新的系统加强了不同硬件(如采用 GPS/OEM 板和 GMS 开关集成)和软件之间的高度集成, 采用 OEM 板替代成品接收机, 使整个系统在内部高度集成, 数据处理和管理算法也更加先进。本文首先简要回顾多天线 GPS 系统的设计原理, 然后介绍新系统各个硬件和软件的特性。

二、多天线 GPS 系统的原理

对于一台标准的 GPS 系统而言, 一台 GPS 接收机只有一副天线。所以, 这种标准的 GPS 系统, 一台接收机只能测量一个由天线位置确定的点位。当使用标准 GPS 系统进行连续的变形监测时, 无论是对于地表的变形(如斜坡等), 还是对于各种工程结构变形(如大坝、桥梁等), 每台 GPS 接收机只能用于监测一个点的位移情况。

多天线 GPS 系统, 采用分时原理允许多副天线都能与接收机连接, 按设定的时间片顺序采集 GPS 观测数据。这个原理采用一个特别设计的 GPS 多天线开关(GMS)在一台工业 PC 的控制下来实现。每副天线所采集的数据都能用来计算相应天线的位置, 或每个相应天线的位移。将一台接收机安放在

收稿日期: 2002-07-10; 修回日期: 2003-06-10

基金项目: 香港特别行政区研究资助局资助项目(PolyU 5051/98E 和- CRC4/99A/C: 3-Zb39)

作者简介: 丁晓利(1964-), 男, 河北隆化人, 副教授, 博士, 现主要从事 GPS, InSAR 和地球动力学的研究。

已知站上,作为基准站,从而提高多天线GPS系统的定位精度,详情参阅文献[1]。

三、新一代多天线GPS系统的设计

为了使多天线GPS系统更加可靠、紧凑、经济、易于安装、维护和操作,在新的系统对硬件、软件和数据处理算法作了进一步改进。

1. 硬件构成

新的系统采用一台适于野外环境的工业计算机把GPS/OEM板、多天线开关(GMS)和数据通讯系统(目前采用GSM 900/1800),集成在一起(如图1)。用一块GPS/OEM板代替外接GPS接收机,这样使得它更容易与其他元件集成,同时进一步减少系统的成本。在市场上可用于这种系统的GPS/OEM板的选择余地比较大。选择一块GPS/OEM板主要考虑两个因数:数据采样率和它是单频还是双频的接收板。

固定的电话线、专用数据线、GSM或者无线电发射器UHF/VHF都可以作为办公室和GPS系统站之间的通讯连接。无线电发射器通常易受环境条件的影响,或者有时需要使用中继站^[2]。光纤电缆

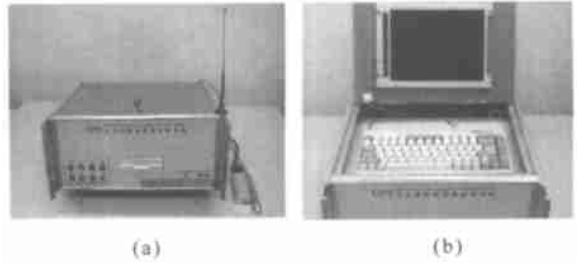


图1 集成GPS接收机、GMS和数据通讯系统(GSM)

是高质量的数据通讯方式,但造价成本相对较高。图1(a)所示设备单元的前端具有8通道天线连接器、一个软盘驱动器和电话线插座。另外旁边还有一个GSM调制解调器和一个连接在单元上的天线。图1(b)所示设备用于控制的工业计算机的屏幕和键盘,它们在系统安置完毕均可以取下。

2. 数据处理和分析算法和软件

为新系统所开发的软件包是用来遥控系统的操作、计算多天线GPS系统上天线中心的位置和位移,从而评估被监测物体所处的状况。软件的主菜单如图2所示。



图2 系统软件的主菜单

一旦系统初始化后,它的操作就可以通过数据通讯系统来遥控。决定系统操作的重要参数包括系统的数据采样率、卫星接收截止高度角、接收机在GMS每扫描一圈中与每根天线连接的时间以及数据传输到办公室的方式(实时还是以既定的时间间隔等)。

图3是系统参数的设置窗口,它包括选择所要使用的天线通道、数据的采样间隔、卫星截止高度角、在扫描一圈中每个通道的时间间隔和数据传输形式。图4是系统所显示的系统操作状态窗口,包

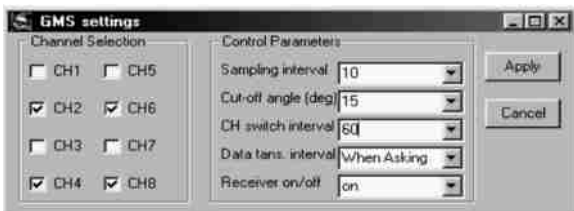


图3 某些系统参数的设置

括每个通道的状态、当前被跟踪的卫星数目和每颗卫星的方位角和高度角。

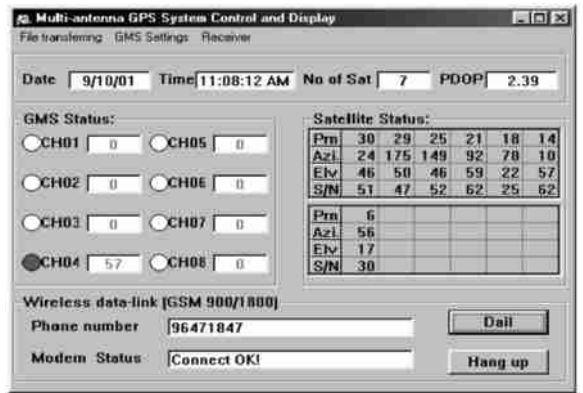


图4 显示系统操作的状态屏

软件接收数据采用标准RINEX数据格式。软件能进行GPS基线处理、GPS网平差和把大地高转化为正常高等。系统可以采用静态或动态两种工作

模式。前者提供毫米级定位精度但需要较长的观测时间,取决于当时的观测条件和基线的长度;后者提供厘米级的实时或准实时定位。软件采用著名的 LAMBDA (Least squares Ambiguity Decorrelation Adjustment) 方法^[4],用于解算载波相位整周未知数。

被监测点的位移以 3 维坐标变化的形式反映出来,并在监控中心(准)实时地实现动态显示。

四、与传统监测仪器的集成

GPS 与传统的斜坡监测技术相比有许多优点。它提供关于点位的精确信息和基于全球坐标系统的点位变化,因而不受局部变形的影响。另外, GPS 可以在任何天气条件下全天候工作。如果应用多天线系统,它也具有高自动化和成本低等优点。

但是 GPS 也有它的缺点。最突出的就是它只能测量物体表面的变形情况。而且,它还会受观测条件的影响,如可见卫星的分布和卫星数等。因此, GPS 在许多方面可以和传统的滑坡和结构监测技术相互补充。在实际的应用中,集成 GPS 和其他监测技术,充分利用各自的优点是极其有利的。本系统可以输出变形或位移的时程数据,在 ACCESS 数据库中与岩土工程仪器的数据集成。

五、结论

本文就应用于滑坡和结构变形监测的多天线

GPS 系统作了介绍,包括它的设计、硬件和软件构成。当用作滑坡和结构变形监测时,使用多天线系统和标准的 GPS 系统相比,可以大大地减少硬件成本,使得 GPS 技术在过去认为不可能的应用领域大有前景。新开发的多天线 GPS 系统不但使 GPS 设备成本大大减少,也不必再担心在灾害发生时昂贵设备的毁坏,而且使系统的各部分高度集成,从而更加容易安装、操作和维护。

参考文献:

- [1] CHEN Y Q, DING X L, HUANG D F, ZHU J J. A Multi-antenna GPS System for Local Area Deformation Monitoring[J]. Earth, Planets and Space, 2000, 52 (10): 873-876.
- [2] DING X, REN D, SWINDELLS C, MONTGOMERY S B, JEWELL R J. An Intelligent Data Acquisition System for Pit Slope Deformation Monitoring[A]. Proc. 8th FIG International Symposium on Deformation Measurements[C]. Hong Kong: [s. n], 1996. 339-344.
- [3] DING X L, CHEN Y Q, HUANG D F, et al. Slope Monitoring Using GPS: a Multi-antenna Approach[J]. GPS World, 2000, 11(3): 52-55.
- [4] TEUNISSEN P J G, JONGE P J DE, TIBERIUS C C J M. The Least-squares Ambiguity Decorrelation Adjustment: Its Performance on Short GPS Baselines and Short Observation Spans[J]. Journal of Geodesy, 1997, 71: 589-602.

(上接第 2 页)

法方程的常数矩阵,其基本算法如下

$$\left. \begin{aligned} N_{i-1} + B_i^T P_i B_i &\Rightarrow N_i \\ U_{i-1} + B_i^T P_i I_i &\Rightarrow U_i \\ B_{i+1} &\Rightarrow B_i \\ I_{i+1} &\Rightarrow I_i \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

3. 图形处理

控制网图形显示之前,需要进行一系列的坐标转换。例如, GPS 基线网显示,首先要将空间 3 维笛卡儿坐标转换成大地坐标,再将大地坐标转换成平面笛卡儿坐标,最后转换为屏幕坐标系下的坐标。

网图显示出来后,根据需要可以进行多级放大、缩小、平移、拖动、复原等操作。可以在控制网图上进行信息查询与编辑,用鼠标单击某控制点时,即可出现一个对话框,对话框显示该点的点名,坐标,精度等信息;用鼠标单击某边时,对话框显示该边的两端点名,边长、方位角及其精度数据。GPS 基线控

制网还可以在图上选择闭合环,检查其闭合差,也可以在图上选择基线参加平差。平差后,在网图上可以按照给定的比例尺显示误差椭圆。

四、结束语

大地测量数据库与数据处理系统具有友好的界面与强大的功能,可以为各种测绘单位提供数据处理与数据管理的服务。系统使用简单、应用方便的特点。本系统功能具有开放性,可以不断补充解决生产中所遇到的实际问题的子模块。

参考文献:

- [1] CH200+92, 全球定位系统(GPS)测量规范[S].
- [2] 刘基余,李征航. 全球定位系统原理及其应用[M]. 北京: 测绘出版社, 1995.
- [3] 张凤举,张华海,赵长胜,等. 控制测量学[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1999.