

北斗定位系统在飞行试验中的应用研究

张国旺, 袁炳南, 房瑾, 尚丽娜

(中国飞行试验研究院, 西安 710089)

摘要: 为了解决使用美国商用 GPS 对我国飞行试验中定位精度和速度的种种限制以及对我国国防安全的潜在危险, 文章基于我国日趋成熟自主研发的北斗定位系统技术, 开展其在飞行试验中的研究; 文中分别对北斗的短报文通信技术、单点及事后差分技术、实时差分技术在飞行试验中的应用方法进行研究, 并介绍了飞行试验中北斗定位数据的处理方法; 通过试验数据与美国商用 GPS 数据进行对比, 结果显示北斗定位系统精度与美国商用 GPS 精度接近; 最后展望了北斗定位系统未来在我国飞行试验以及国防、科研以及交通运输等民用领域的广阔应用前景。

关键词: 北斗定位系统; 短报文通信; 事后差分; RTK 实时差分

Beidou Position System Application for Flight Test

Zhang Guowang, Yuan Bingnan, Fang Jin, Shang Lina

(Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

Abstract: To solve the problem of the GPS technique limitation of USA such as positioning accuracy and quick positioning, and potential danger in national defense, Beidou system in flight test was studied based on the developing capacity of Beidou system in national defense. The application of the message communication technology, point positioning, post difference and real time difference of Beidou system in flight test were introduced, and method of process Beidou Position data was discussed. The article compared the data of Beidou with GPS data in flight test, the result showed that the accuracy of Beidou data could be comparable with that of GPS; finally the application prospect of Beidou in military and commercial field were discussed.

Keywords: beidou position system; message communication; post difference; RTK real time difference

0 引言

定位系统是指以确定空间位置为目标而构成相互关联的一个集合体或装置(部件), 一般指全球定位系统(此处不单指 GPS)。目前, GPS 定位系统在飞行试验中被广泛应用, 给整个试验系统提供精准时间、精准位置信息及运动状态信息。但作为商用的 GPS 定位系统, 美国出于对自身国防安全考虑, 采用 AS 政策以防止别国用于军用目的, 致使速度较高飞机(M>1.4)定位精度无法满足试飞需求。为了自身国防安全以及打破美国 GPS 商业垄断及技术限制, 俄罗斯, 欧盟, 中国分别研制了自己的全球定位系统。我国自主知识产权研制的北斗全球定位系统目前已初具规模, 截止 2012 年 12 月, 中国的北斗二代定位系统已能够提供全国范围甚至亚洲地区的定位服务。在全国范围内的定位精度及授时精度已接近美国 GPS 的技术指标。从我国国防安全和未来高速飞机试飞需求及发展趋势考虑, 我们的国防现代化建设及飞行试验必须逐步过度到使用我国北斗定位系统, 并且迫在眉睫。基于以上原因, 本论文主要基于北斗定位系统, 开展其在飞行试验中的主要应用研究。

1 北斗定位系统在飞行试验中的应用研究

北斗导航系统以应用推广和产业发展为根本目标, 强调质量、安全、应用、效益, 具有开放性、自主性、兼容性、渐进

性等特点。在飞行试验工程中, 主要应用到北斗定位系统的短报文通信、授时及定位等功能, 可实现对目标飞机关键参数的远距离传输, 精准授时(作为时间源), 实时/事后空间位置参数解算及定位分析等。

1.1 北斗短报文通信技术应用研究

短报文通信是北斗系统特有功能, 基于卫星通讯^[1], 即导航技术与通信技术集成, 无需其他通信系统支持。特别适合于超出遥测信号传输范围、遮挡严重、沙漠、海洋或者特殊地区, 尤其在无地面基站情况下, 或者发生地质自然灾害、重大突发性事件时, 固定的移动通信全部中断情况下, 这时候短报文通信就发挥出它特有的作用。短报文通信主要技术指标如下所示。

- 1) 兼容 GPS, GLONASS 等现有定位系统信号;
- 2) 短报文通信是双向的;
- 3) 一次可传送 40~60 个汉字(120 个字节)的短报文信息;
- 4) 通信频率: 1~4 Hz/分(军码更高);
- 5) 通信方式: 时分复用。

在飞行试验中, 利用短报文通信特点可实现对飞机部分关键参数(最多 60 个浮点数)的超远距离传输, 作为现有飞行试验遥测实时监控数据的冗余备份数据, 可有效提升飞行试验的安全性。目前只有北斗 1 代支持短报文通信, 应用中常将北斗 1 和北斗 2 结合起来使用。整个短报文通信系统由 1 架或多架飞机上的通信终端和地面接收控制主站组成, 终端接收至少 4 颗北斗定位卫星数据进行定位, 将定位信息以短报文方式通过通信卫星发送到地面控制接收主站, 报文数据经主站解析后可用于地面实时监控或其它控制系统。短报文通信系统组成

收稿日期: 2014-10-11; 修回日期: 2014-11-20。

基金项目: 国防基础科研项目(40520132031)。

作者简介: 张国旺(1981-), 男, 陕西咸阳人, 硕士学位, 副主任, 主要从事飞行试验遥测数据处理技术方向的研究。

如图 1 所示。

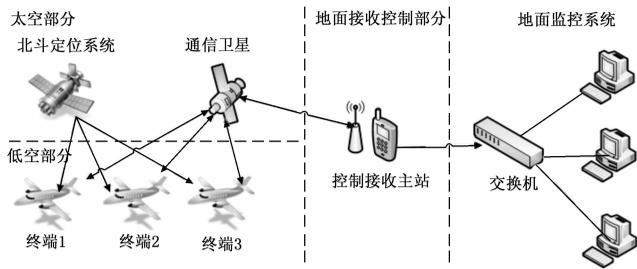


图 1 短报文通信系统组成

1.2 北斗单点定位及事后差分技术应用研究

在飞行试验中, 北斗单点定位即使用单个终端接收设备接收北斗定位信息, 再经过数据采集后与其它飞行数据打包以 PCM 编码方式遥测下传到地面实时监控系, 经过解析处理即可得到飞机的位置信息。事后差分技术在定位系统中有着广泛应用, 在削弱电离层误差、星历误差、卫星时钟误差以及对流层延时等方面都发挥了重要作用^[3]。当前常用差分技术有: 位置差分, 伪距差分, 载波相位差分, 其中伪距差分使用更普遍。基于北斗的事后差分系统主要由北斗卫星系统、移动站(飞机)、基准站三部分组成, 地面的基准站部分是已测知精准方位坐标的。在飞行过程中, 基准站与移动站各自观测并记录至少 4 颗以上相同卫星的原始星历数据定位信息, 利用基准站的已知精确方位信息与实测值作差可求出修正值并对移动站数据进行修正, 再用修正后的 4 个定位信息建立 4 元一次空间位置解析方程, 便可以求出目标飞机的精确位置信息及时间值^[2]。事后差分系统的系统组成如图 2 所示。

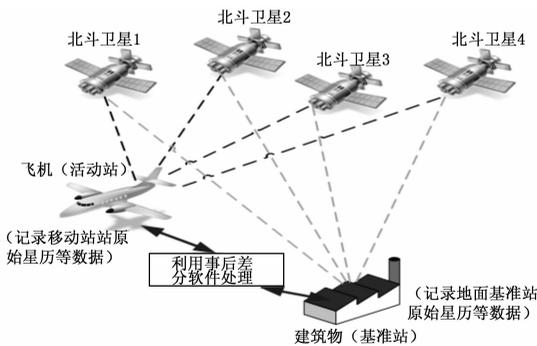


图 2 北斗事后差分系统组成

1.3 北斗实时差分技术应用研究

所谓实时差分, 就是利用数据链将基站解算数据修正量实时地发送给移动站, 消除存在的轨道误差、时钟误差、星历误差等系统误差, 用以修正移动站相关定位数据, 从而提高移动目标定位精度。在实时差分技术发展过程中, 载波相位差分技术(又称 RTK (real-time kinematic) 技术)应用是实时差分技术发展中的重大里程碑, 可提供厘米级精度, 该技术主要有修正法和差分法两种。此技术同样可以应用到基于北斗定位系统的实时差分系统中, 当前主要使用修正法, 实时差分系统组成图如图 3 所示。RTK 实时差分系统原理与事后差分类似, 基准站接收机观测 4 颗北斗卫星后进行三维定位, 解算出基准站的坐标并与基准站已知坐标(通过一定的技术手段精确测量得到)作差, 求出载波相位修正量。通过数据链将此载波相位

修正量实时地发送给移动站。移动站接收后, 对其接收的相同 4 颗北斗卫星数据的载波相位值进行修正, 从而实现高精度实时定位功能。基于北斗系统的 RTK 实时差分系统在不考虑系统差异下, 精度为: 在 40 km 范围内, 精度为 1 cm+1 ppm; 超过 40 km 范围, 精度为 2 cm+1 ppm。

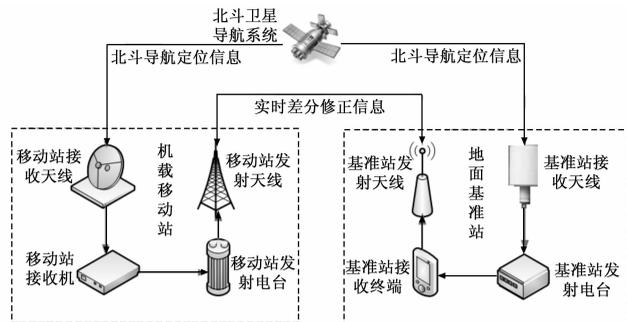


图 3 基于北斗系统的 RTK 实时差分系统组成

2 数据处理方法与对比分析

2.1 数据采集与处理方法

依托飞行试验机平台, 将同时支持北斗 1 短报文通信功能及北斗 2 定位功能的北斗导航定位主流商用产品和 GPS 主流商用产品同时安装在飞机平台上, 并记录两者相关数据, 事后对两者相关数据进行处理, 对比分析。

数据采集、处理的方法简述如下:

- 1) 将两者的串行数据输出接入 KAM500 采集器进行采集, 采集及记录的格式均按照 IRIG106 标准中 PCM 数据格式进行^[4], 并将采集的数据记录在固态硬盘中。采集器的采样频率为 32 次/s, 采集器的时间精度为 25 ns;
- 2) 将固态硬盘所记录的北斗数据及 GPS 数据按照 IRIG106 标准进行以时间为基准的历元对齐处理;
- 3) 将对齐后的两者原码数据按照各自的数据协议格式进行有效位取值转换, 转换成可用的工程物理量^[5];
- 4) 转换好的数据每个参数值为一列, 并以文本格式输出。

2.2 北斗与 GPS 相关数据结果对比

利用 origin 数据分析软件对 2.1 中相同时间下的北斗定位数据与 GPS 定位数据结果进行对比分析。为了更清楚地对比两者的数据差异, 在此我们选择两者某一段时间内的数据进行对比, 并且只选择高度数据以及北向速度数据进行对比, 其他数据的对比与分析方法相同。两者的高度数据及北向速度数据对比结果如图 4 和图 5 所示。

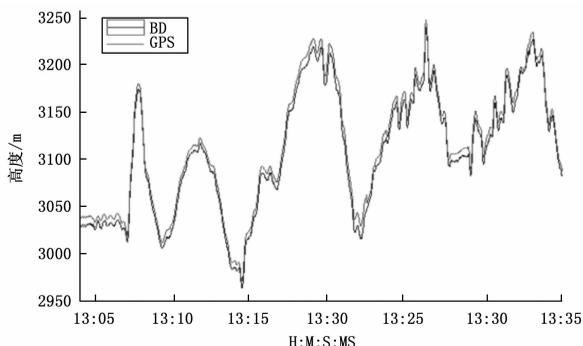


图 4 北斗 (BD) 与 GPS 的高度数据对比

表 1 实验测试结果

测试条件	测试环境	测试距离/m	信号强度	丢包率/(%)
WIA-PA	棉田	50	-20	0
WIA-PA	棉田	100	-11	0.5
WIA-PA	棉田	150	-8	0.8
ZigBee	棉田	50	-18	0.2
ZigBee	棉田	100	-11	1
ZigBee	棉田	150	-6	1.7

从表 1 可以看出, WIA-PA 和 ZigBee 协议在接收信号强度上影响不大, 但是协议栈的不同网络拓扑结构和路由算法、抗干扰能力等因素导致了 WIA-PA 网络拥有更为出色的信息传输正确率, 能够使用于对于安全稳定性严苛要求的工业需求。

对于 WIA-PA 系统, 在经过 1 天的长时间测试之后, 我们通过分析节点的返回日志, 获取了节点在各个时间点上的 CPU 功耗、射频功耗, 并根据测量的统计数据进行了平均分析, 获得的结果如图 8 所示。图中左边表示不使用休眠机制的情况, 后面表示使用休眠机制后的情况, 说明休眠机制对于 WIA-PA 的节能作用较为明显。

5 结论

WIA-PA 软硬件平台的设计是 WIA-PA 可靠性能分析的前提, 也是 WIA-PA 应用于工业过程的基础。本文基于事件驱动架构的协议栈设计法, 采取 QP 量子平台给出了协议栈的实现过程, 并将其应用于农业无线传感网, 实现了温湿度信息的无线采集和智能传输。此外, 本文通过在棉田对所设计系

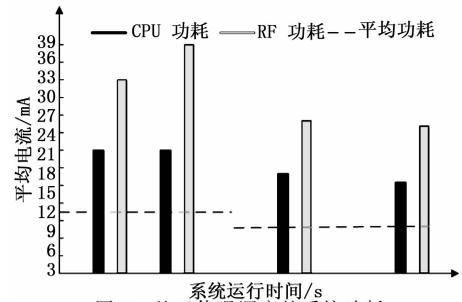


图 8 基于休眠调度的系统功耗

统进行了严格的测试, 验证了所设计的协议栈的逻辑功能。

参考文献:

- [1] 于海斌, 梁 炜, 曾 鹏. 工业无线网络技术体系与 WIA 标准 [J]. 自动化博览, 2009 (1): 17-20.
- [2] 李 巧, 刘 枫. 基于 WIA-PA 的工业无线网关开发及实现 [J]. 自动化仪表, 2012 (3): 69-72.
- [3] 王 沁, 赵金东. WIA-PA 网络中的无冲突资源调度算法 [J]. 小型微型计算机系统, 2010 (9): 1726-1730.
- [4] 忽海娜, 孟 雷, 张志立. WIA-PA 多径路由协议 WMDSR 研究 [J]. 工业无线网络, 2011 (1): 53-56.
- [5] 黄 月, 魏茂强. WIA 无线网络和 PLC 控制系统互联方法研究 [J]. 工业无线通信技术, 2010 (2): 16-18.
- [6] 刘志强, 赵雪峰, 李金英, 等. WIA 工业无线仪表整体解决方案 [J]. 仪器仪表标准化与计量, 2013 (2): 24-27
- [7] MIRO SAMEK PH. D Quantum Platform Programmer's Manual [EB/OL]. http://www.Quantum-leeps.com/doc/QP_mannual.pdf.

(上接第 1735 页)

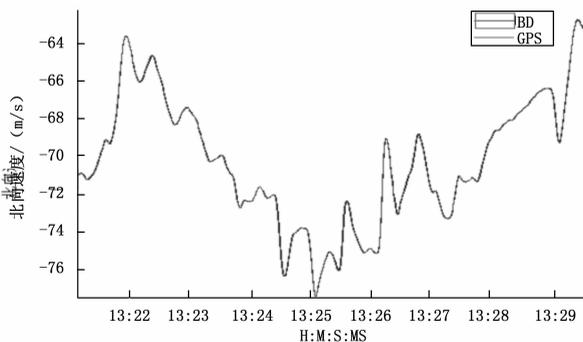


图 5 北斗 (BD) 与 GPS 的北向速度数据对比

2.3 对比结果

鉴于商用 GPS 定位系统在飞行试验中已较早使用, 并且其定位精度已达到飞行试验的相关要求, 所以我们在数据分析中默认以 GPS 数据为参考, 重点对比北斗数据与 GPS 数据的差异。经过数据对比计算得出, 北斗定位系统与 GPS 定位系统单点定位数据高度最大差值小于 6.18 m (GPS 单点定位, 高度的精度一般为: 10~15 m), 速度最大差小于 0.2 m/s, 两者结果已非常接近, 如图 4 和图 5 所示。可以预知, 通过进一步对数据进行差分后, 两者数据的结果将更加接近。这也进一步验证了我国北斗定位系统的定位精度。

3 北斗技术应用展望

北斗定位系统所属的 3 个频段: B1, B2, B3。目前我国

北斗定位系统在飞行试验中的应用仍然是个空白, 对此技术研究和应用的必然性和紧迫性已然成型。虽然国内多个研究机构已经研发了多个基于北斗定位系统的相关产品, 但目前在使用方面仍以军用为主, 在民用方面具体应用还是比较少, 民用领域仍然被美国的 GPS 所垄断。无论从国防事业的诸多应用需求还是民用方面, 北斗定位系统都有着广阔的技术应用前景, 主要表现在精确目标定位及武器制导、高精度数字地图、地质勘察与测绘、民用导航与救援、精准农业等国防、科研及农业诸多领域。在飞行试验中的应用前景主要表现在: 测试系统精确授时、高精度的实时差分、飞行指挥系统、北斗短报文通信在实时监控中的应用等领域。相信在不久的将来, 我国自主研发的北斗定位系统必将为我国国防现代化建设做出巨大贡献。

参考文献:

- [1] 谢 钢. GPS 原理与接收机设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [2] 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公共服务信号 B1I (2.0 版) [Z]. 2012: 27-34.
- [3] 白效贤, 李 宏, 等. 飞行试验数据与图像远程传输系统方案设计 [J]. 计算机工程, 2005 (17): 177-178.
- [4] 袁炳南, 霍朝晖, 等. 航空飞行试验遥测标准概况 [J]. 测控技术, 2010 (11): 10-11.
- [5] 白效贤, 杨廷梧, 等. 航空飞行试验遥测技术发展趋势与对策 [J]. 测控技术, 2010 (11): 6-9.