

doi: 10.7690/bgzd.2013.10.022

# 北斗卫星导航系统在地面监视系统中的应用

杜思良, 杨俊峰, 王德泉

(中国电科第二十八研究所 11 部, 南京 210007)

**摘要:** 为满足部队作战训练的应用需求, 对北斗卫星导航系统在地面监视系统中的应用进行研究。在简要介绍卫星导航系统国内外应用现状的基础上, 结合北斗卫星导航系统提供的定位和短消息通信能力, 提出系统软件应具有定位获取与导航、图上监视、数据指挥和基于北斗的信息传递等核心功能, 并分析软件设计中指挥与监视一体集成、图上位置聚合解聚展现和队形偏航告警等关键技术和实现方法。该研究可为研发基于北斗卫星导航系统的地面监视系统提供参考。

**关键词:** 北斗卫星导航系统; 地面监视系统; 定位信息; 短报文通信

**中图分类号:** TJ861 **文献标志码:** A

## Application of Beidou Satellite Navigation System in Ground Surveillance System

Du Siliang, Yang Junfeng, Wang Dequan

(No. 11 Department, No. 28 Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Nanjing 210007, China)

**Abstract:** To meet the application requirements of military combat training, the paper studies the application of Beidou satellite navigation system in ground surveillance system. Based on the present research of satellite navigation system at home and abroad, position and short message communication ability of Beidou satellite, the core capability of the software system is proposed, including position and navigation ability, situation monitoring ability, data commanding ability and information delivery ability. The key technologies of software design are analyzed, which are composed of commanding and monitoring, troop position aggregation and disaggregation, vehicle off-course alarm etc. The study could provide a reference for the development of ground surveillance system based on Beidou satellite navigation system.

**Key words:** BeiDou satellite navigation system; ground surveillance system; position information; short message communication

### 0 引言

随着以全球卫星导航系统 (global positioning system, GPS) 为代表的卫星导航系统的出现, 导航、定位的精度也不断提高, 覆盖范围遍及全球, 且不受时间、天候的限制, 提供的信息实时、连续、精确, 并在军事上获得广泛应用。美军研制的“蓝军跟踪系统”已经过现代战争的检验, 正在研制新一代产品, 相比较而言, 利用北斗卫星导航的地面监视系统应用还处于探索阶段。基于此, 笔者重点结合北斗卫星导航系统提供的定位和短消息通信能力, 针对地面监视系统中定位监视模块的主要典型应用功能和关键技术进行探讨。

### 1 国内外现状

#### 1.1 国外现状

美国国防部从 1973 年开始研制 GPS, 在 1991 年海湾战争中首次得到实战应用, 1993 年具备初始

作战能力。该系统由均匀分布在 6 个轨道平面的 24 颗卫星组成, 地面运行控制系统由 1 个主控站、3 个注入站和 5 个监测站组成。2000 年美国全面启动 GPS 的更新计划, 包括新型轨道、卫星发射、设计和控制技术, GPS III 将由 33 颗 HEO (中高轨道)+GEO (同步轨道) 卫星分布在 3 个轨道平面。作为世界上第一个全球卫星导航系统, GPS 长期以来独步天下, 垄断了全球军用和民用市场。此外, 俄罗斯 GLONASS 系统和欧洲“伽利略”系统也正在建设中。

国外基于卫星导航系统的军事应用系统同样起步较早。在地面监视类系统中, 美军研制的“蓝军跟踪系统”比较著名, 早期版本主要依靠电台通信手段共享数据, 后期为解决复杂地形以及远距离部署条件下通信的问题, 实现了通过卫星分发传递数据的版本。系统主要由单兵、车辆携带使用, 实现友军定位、识别的自动化指挥控制。系统包括 4 个

收稿日期: 2013-05-07; 修回日期: 2013-06-09

作者简介: 杜思良(1977—), 男, 河南人, 学士, 高级工程师, 从事指挥信息系统总体设计研究。

子系统，即定位系统、信息收发系统、通信系统、信息处理及显示系统。它通过 GPS 确定自己的方位，继而使用卫星通信不间断地传输此数据；每一个独立单元的方位就会以蓝色图标显示在所有蓝军跟踪系统的其他终端显示屏上，并被战场指挥官所使用，或者被远程指挥中心看到。点击任何一个蓝色图标，都会显示该单元的方向和速度；点击两下，就能通过卫星直接向该单元传输文本信息。该系统在近年来的战争中得到广泛应用，发挥了巨大的作用，美国防部决定下一步要增加在基层部队的部署数量和密度。

## 1.2 国内现状

我国的北斗卫星导航系统(BeiDou satellite navigation system)于 1994 年批准立项，标志开始了第一代卫星导航系统的研制建设。按照“三步走”的发展战略：第一步，2003 年北斗一号系统正式开通运行；第二步，2004 年，第二代导航系统建设被批准实施，2012 年建成区域卫星导航系统，在我国重点地区提供基本的导航、定位、授时服务，形成了覆盖亚太大部分地区的区域服务能力；第三步，到 2020 年左右，形成全球覆盖能力<sup>[1]</sup>。

已建成的北斗一号系统由 2 颗地球静止卫星、1 颗在轨备份卫星、地面控制系统和用户终端组成，又称“双星定位系统”。用户终端定位时需要发射定位申请信号，由地面中心站解算出用户位置，再通过卫星传送给用户<sup>[2]</sup>。除了定位、授时功能外，北斗一号还具有独特的卫星短消息通信功能<sup>[3]</sup>。北斗二号系统则采用无源定位体制，其定位精度、导航战能力均有显著提升。定位原理和 GPS 完全相同，用户终端无须发射信号，仅需同时接收 4 颗以上的卫星信号，即可解算出自身的位置。同时，北斗二号还保留并加强了短报文通信功能，用户与用户、用户与中心控制系统间均可实现双向简短数字报文通信，一次可传送多达 120 个汉字的信息<sup>[2]</sup>。北斗二号建成之后将与 GPS、GLONASS 和 Galileo 系统并列成为 4 大全球卫星导航系统。

国内目前战术级地面监视系统中，北斗卫星导航系统已初步得到应用，基本实现了系统的位置获取和短消息通信功能，但上述功能通常单独实现，地面监视系统的核心功能在数据关联、界面操作方面，存在数据需要重复录入，数据显示无法统一展现、传输的数据类型偏少，监视控制功能偏弱等问题。随着北斗二号的建成与投入使用，需要结合部

队新的需求和硬件环境，对地面监视系统中基于北斗进行指挥和监视的功能应用进行能力提升，并加强两者之间一体技术研究，实现基于一幅图、一个库的快捷操作和数据共享，研制功能实用、操作简单、高度集成、覆盖面广的地面监视应用软件。

## 2 典型应用功能

在山地、沙漠、城市等复杂地形和战场环境下，远距离遂行战斗任务时，传统的定位与通信手段通常无法充分满足对我方态势的监视需求。北斗系统提供的定位、授时和短消息通信功能，为这一问题的解决提供了条件。

监视系统的应用需求主要包括战场态势的快速获取、综合展现、远程控制和信息共享等，系统软件采用 C/S 结构，分为操作系统和数据库，地理信息环境、设备管理服务 and 信息处理服务等支撑，以及指挥与监视应用。主要软件子模块之间数据流程如图 1 所示。

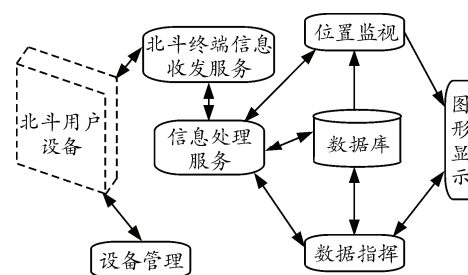


图 1 软件子模块数据流程示意图

### 2.1 定位获取与导航

北斗的技术体制决定了定位的获取方式。“北斗一号”采用有源定位体制，获取定位前需要向中心站申请<sup>[2]</sup>。“北斗二号”采用无源定位体制，用户终端相当于一部收音机，只要收到卫星所发的信号就能直接计算出自己的位置。

监视系统首要功能是快速确定所在地的地理位置，包括时间、坐标、高程、速度和方向等。获取定位信息的过程包括：提出定位采集申请、读取设备串口数据、进行数据协议转换、匹配作战单元、存储定位信息数据和显示作战单元位置信息等过程。此外，系统还具有为本级和下级部(分)队进行机动导航的功能，可以预先规划行军路线，信息包括道路类型、路径关键点、地理位置、执行时间，以及限高、限重、适合车型等信息。定位信息与导航路径进行实时比较，对于偏差达到设定阈值时，及时给出偏航告警，提醒人员及时调整机动路线。定位获取与导航工作流程如图 2 所示。

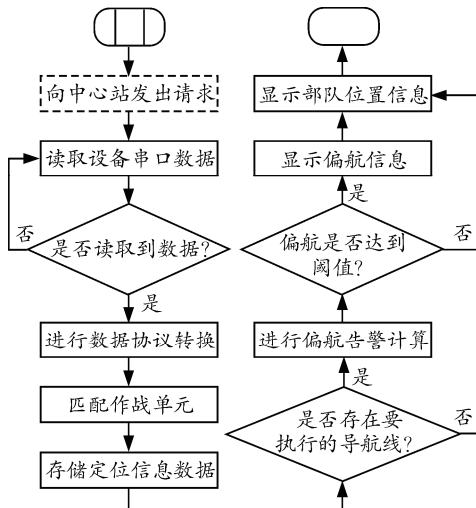


图 2 定位获取与导航工作流程

### 2.2 定位信息图上监视

为了直观地展现通过北斗获取的定位信息，系统应用地理信息系统 (geographic information system, GIS) 提供的开发接口，自动把最新位置信息和运动轨迹实时显示在电子地图上<sup>[3]</sup>，用不同军队标号来区分部队或车辆的类别，军队标号上可以标注部队名称或时间，其他详细的属性信息可以通过表单进行显示。结合地理信息系统中电子地图上的地理信息，以及当位置超出屏幕显示范围时地图自动漫游功能，作战人员可以无需任何操作实时监视自身所处位置和周围战场环境。

除了监视自身定位信息外，可对通过北斗通信或其他传输手段获取的其他部队或车辆的定位信息进行实时图上显示，形成战场态势图<sup>[4]</sup>，同时根据用户需要灵活设置重点关注对象、是否显示航迹、图上刷新频率等属性信息。当电子地图中显示的部队或车辆定位信息较多时，可按照级别或指挥关系进行聚合解聚显示。此外，能显示工事、障碍、目标等重要战场态势信息，使作战人员更全面地监视跟踪到上级、下级和友邻的最新态势及历史运动轨迹。

### 2.3 作战单元数据指挥

在监视过程中，对各级部队的指挥控制和部队间的行动协调是整个作战过程中的最基本任务，自然也是软件实现的核心功能之一。常用的指挥功能主要体现在对下级下达作战命令、指示，向上级请示作战行动、报告任务完成情况等动作<sup>[3]</sup>。基于北斗通信的特点，软件应使用简洁、条目化的指挥短语进行，并把指挥短语按照作战样式进行分类，在各级监视系统中预置统一的模板，既简化了指挥短语拟制过程，也减少了北斗传输的数据长度。

对指挥过程中的数据管理是系统的一项复杂工作。数据库中需要记录所有指挥短语的收发过程，便于指挥员进行历史记录查询、后续任务统筹、任务完成情况关联等。系统仿照日常邮件管理模式设计指挥短语的收发件管理，提供指挥短语的复制、粘贴、转发、重发、回复、删除等功能，同时监视指挥短语传递过程中的到达情况，防止数据丢失而影响作战进程的现象发生。为了达到快速指挥能力，系统应加强与态势监视能力的统一设计和界面集成，实现图上指挥功能。

### 2.4 基于北斗的信息传递

北斗短报文通信功能是全球 4 大全球卫星导航系统独有的亮点功能，可以有效解决电台等其他通信手段面对复杂战场环境和远距离部署条件下信息传递和数据共享问题<sup>[5]</sup>。系统充分利用这一特色，实现各类信息基于北斗的信息传递能力，满足各级系统间定位、时间、指挥短语、态势情报等数据的共享使用，提升系统的态势感知和远程指挥能力。

系统基于北斗通信的工作原理、信道长度和收发频率特点 (北斗系统从端机到端机传输时延为 0.5 s，不能连续通信，最高频率为 1 次/s<sup>[2,6]</sup>；北斗用户机包括指挥型和普通型，指挥型可以对所属的普通型进行报文通播、报文点播、报文监收和点名定位等操作<sup>[5]</sup>)，在设计上需要规划传递的信息类型、报文格式、申请时机等。同时，为了最大限度地利用每次传递的信道，减少传递的次数，应精简数据内容，提高代码化程度，使用报文组合传递等措施。此外，还应考虑信息的索取功能，实现数据的按需定制，减少传递次数，降低北斗的通信压力。

## 3 应用中的关键技术

### 3.1 指挥与监视一体集成技术

为了加强系统功能的集成度，方便在监视战场态势的过程中实施指挥动作，解决传统指挥信息系统中态势监视与数据指挥分离的问题<sup>[7]</sup>，如何对基于北斗的监视和指挥应用进行统一设计和功能集成，是软件设计过程中的一项关键技术。

为解决一体集成和提升图上效果表现的关键技术，解决措施包括：在设计上实现指挥与监视共一幅态势图，北斗指挥短语拟制和接收时与电子地图上位置、部队、目标、工事等信息的数据关联，以及从编辑、接收到的格式化指挥短语中解析图形元素进行图上显示，实现指挥信息在电子地图上的效果表现等。如：报告一条打击效果指令时，能够



在图上利用箭头、炸点、覆盖区、进度条等标号自动显示出火力打击部队、打击方向、敌方目标区域、打击毁伤效果等参数。同时，在实时监视战场态势变化的基础上，结合地理信息系统中电子地图上的地理信息，点击图上任一作战单元所代表的军队标号都能够直接发送指挥短语，以及查询与该作战单元相关的指挥短语收发记录、部队状态、实力损耗等信息，实现基于电子地图的指挥功能，提升系统软件可视化效果。

### 3.2 图上位置聚合解聚技术

聚合解聚是指不同分辨率之间的转换过程，由细粒度向粗粒度转换叫聚合，从粗粒度到细粒度转换叫解聚。如何把这一技术应用到系统中，实现在电子地图上对部队或车辆所对应的军队标号进行聚

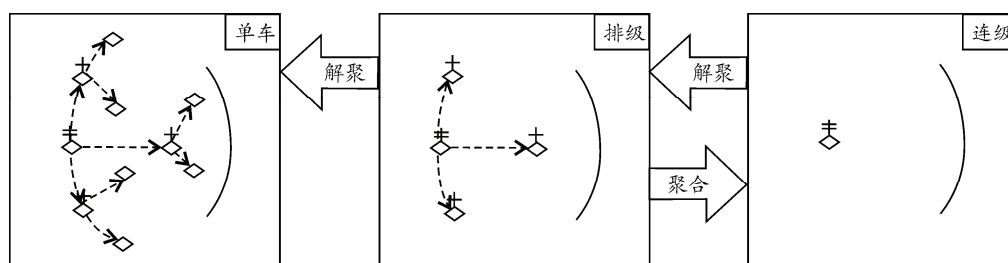


图3 位置图上聚合/解聚显示示意图

### 3.3 作战单元队形偏航告警技术

作战单元的队形在战斗中依据敌情、地形、任务和战斗编成，灵活地运用和变换，以利于发扬火力，结合地形实施机动，便于指挥和保持不间断的协同，能减少敌火的毁伤。如坦克队形基本样式：前三角、后三角、左梯形、右梯形和一线形等<sup>[8]</sup>。在机动条件下，监视跟踪作战单元队形是否发生变化是系统的一项重要工作。

为解决作战单元队形偏航告警技术，系统除了提供单车机动时偏航告警功能外，还需提供对多个车辆队形的监视功能。首先，需要根据部队或车辆类型和担负任务预先设置队形样式，制定机动路线，设置偏离条件，包括顺序、位置、方向等因素；其次，根据实时通过北斗获取的位置信息分别与机动路线进行偏航计算，并把计算结果实时反映在软件界面上，当偏航超出设定的阈值时提示指挥员或驾驶员及时调整行驶状况或向上级和友邻报告，或者上级部门发现队形发生变化后及时通过北斗通信通知相关车辆。此外，系统还应提供多种队形的设置、转换和监视功能，支持作战过程中部队或车辆需要灵活机动的需求。

合解聚，对增强北斗定位信息图上显示效果非常有益，能有效解决电子地图上定位信息过多时显示混乱、重点不突出、关系不明确等问题。

为解决图上位置聚合解聚技术，需要设计与制定图上解聚原则、方式和触发时机等。实现聚合解聚功能时主要考虑部队级别、隶属关系、地图显示比例等条件。按照制定的解聚原则和触发时机，提供按照系统级别自动聚合解聚、指定部队逐级聚合解聚功能，以及发生地图比例变化、军队标号重叠、新增北斗位置时触发的聚合解聚功能。聚合解聚功能的实现需要强大的数据库数据支撑，当部分位置数据缺少时，可利用上级、下级或历史位置数据进行推算，补充相应数据。位置图上聚合/解聚显示示意图如图3所示。

## 4 结束语

该研究可为研发基于北斗卫星导航系统的地面监视系统提供参考。如何紧跟二代北斗卫星导航系统建设步伐，充分挖掘北斗的技术特色，结合部队作战训练的应用需求，研制适应我军实际特点、功能强大的指挥应用系统仍有大量的工作要做。

### 参考文献：

- [1] 李猛, 李颖. 论我国卫星导航的应用现状与发展[J]. 信息科技, 2011(1): 190-191.
- [2] 康望东, 覃远超, 唐静. 基于北斗系统的对空情报传送方式[J]. 指挥信息系统与技术, 2012(6): 68-69.
- [3] 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(1): 23-26.
- [4] 张泉, 张舒白. 北斗定位导航系统的特点及在指挥控制系统中的应用[J]. 计算机工程应用技术, 2011(3): 165-166.
- [5] 杨沁梅, 孙晓鸣. 基于插件集成技术的通用陆战场态势图[J]. 指挥信息系统与技术, 2012(5): 66-67.
- [6] 刘佳, 徐博, 雍少为. 北斗系统在炮兵旅中的应用研究[J]. 舰船电子工程, 2010(8): 60-62.
- [7] 余明, 毕义明, 邓鹏华. 地基动能反卫星作战能力需求研究[J]. 兵工自动化, 2012, 31(9): 1-3.
- [8] 韩志军, 徐克虎, 李猛. 坦克分队计算机生成兵力(CGF)实体仿真研究[J]. 系统仿真学报, 2004(7): 65-66.