

The current status of Beidou navigation satellite system and its application in communication

Jingxin Luo¹, Chengjun Guo²

1. Research Institute of Electronic Science and Technology, UESTC, Chengdu, China

2. National Key Laboratory of Science and Technology on Communications, UESTC, Chengdu, China

1. dream3156@163.com

Abstract: Beidou, as a satellite navigation system with independent intellectual property rights in China, has realized global navigation services. As a unique short message service, it is amazing in communication applications and is expected to be further promoted in the future. This article will expand on the following: Briefly introduce the Beidou satellite navigation system and the current application status, mainly explain the significance and key technologies of Beidou satellite navigation system's short message service in communication, and finally point out its specific application through actual cases.

Keywords: Beidou navigation satellite system (BDS); Short message; Communication; Technical application

北斗卫星导航系统现状及通信中的应用

罗晶心¹, 郭承军²

1. 电子科技大学电子科学技术研究院, 成都, 中国, 611731

2. 电子科技大学通信抗干扰技术国家级重点实验室, 成都, 中国, 611731

1. dream3156@163.com

【摘要】北斗作为我国具有自主知识产权的卫星导航系统, 已经实现了全球性的导航服务, 而作为其独特性存在的短报文服务, 在通信应用中更是惊艳众人, 有望在未来进一步推广。本文将展开如下论述: 简要介绍北斗卫星导航系统和目前应用现状, 主要阐述北斗卫星导航系统的短报文服务在通信中应用的重大意义以及关键技术, 最后通过实际案例指出其具体应用。

【关键词】北斗卫星导航系统; 短报文; 通信; 技术应用

1 引言

北斗卫星导航系统, 我国自主研发, 具有自主知识产权的导航技术^[1], 经过一代代航天人的攻坚克难, 团结合作, 逐步打破了国外的卫星导航技术的壁垒, 成为中国展现给世界的一张亮丽的“名片”。在北斗卫星导航系统发展的历程中, 已经不仅仅局限于定位功能, 开始在不同领域应用, 在海上救援、电力防护等领域逐渐崭露头角。短报文通信功能使北斗成为全球首个通信一体化的全球导航定位系统, 相关技术也不断发展, 有望在未来进一步推广。

2 北斗发展过程及规划

2.1 北斗卫星导航系统概述

北斗卫星导航系统(BDS)是中国自行研制的系统, 自2000年发射第一颗北斗卫星起, 北斗导航已经走到了第三代, 截止2019年11月底, 北斗三号系统建

设已步入决战决胜冲刺阶段, 超过50颗的卫星在轨工作, 服务定位精度10m, 测速精度0.2m/s, 授时精度20ns, 特别是在亚太地区, 其应用更为精确。北斗卫星导航系统位列全球四大导航系统之中, 是继美国的GPS, 欧盟的GALILEO, 俄罗斯的GLONASS之后又一较成熟的卫星导航系统, 北斗卫星导航系统的功能包括无源、有源定位, 测距三维导航, 三球交汇定位等。

从整体上来看, 北斗卫星导航系统由空间、地面、用户三部分构成, 空间段即卫星, 截至2019年11月底, 空间段: 6颗地球静止轨道卫星, 23颗中圆地球轨道卫星, 10颗倾斜地球同步轨道卫星; 地面段包括地面监测, 地面控制, 注入站, 地面监测进行数据的收集和整理, 地面控制处理地面监测到的数据, 来协调地面控制工作, 注入站负责卫星间的数据传送, 用户即北斗的接收终端。

如下图一所示, 其定位工作流程: 地面控制站发射信号到空间卫星, 空间工作卫星接收信号后, 运用

转发器传输信息到用户端，服务区用户对工作卫星所发出的信号进行回应；地面控制站接收到用户信号并对该信号进行数据解析，将处理得到的数据发送给空间卫星，空间卫星接收用户坐标资料，将数据返回给用户，从而完成整个定位过程。

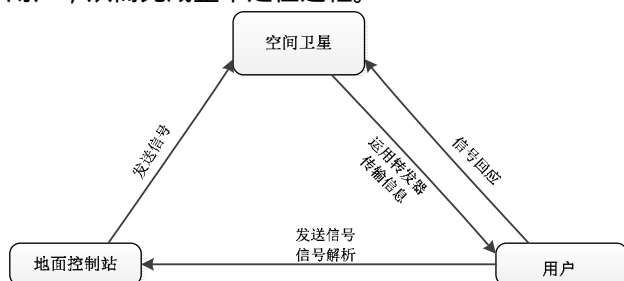


Figure 1 Beidou navigation system positioning workflow

图1 北斗导航系统定位工作流程

2.2 北斗卫星导航系统应用现状简述

目前北斗卫星导航系统在船舶运输，公路交通，铁路运输，海上作业，渔业作业，森林火灾预防，环境管理监测等领域应用广泛，覆盖部队，公安，海关等其他有特殊指挥调度要求的单位，产生显著的经济效应和社会效应。北斗的应用规模和范围也随着北斗卫星导航系统功能和性能的不断提高与完善，将逐渐扩大，前景可观。

在海上作业方面，中国船舶工业系统工程研究院的北斗渔船终端和运营平台、北斗疏浚船舶监控终端和运营平台等已经研制完成。2016年，该研究院根据市场需求开展多项北斗系列系统研制，例如北斗遇险救生终端以及基于北斗的“智能船”通导系统和电子通关系等等。“十三五”初期，基于北斗的内河船舶监管示范工程，由交通运输部和中央军委装备发展部联合启动，取得良好成效，已经成功搭建完成北斗应急无线电示位标法定检验检测的环境。

公路交通，铁路运输方面，北斗卫星导航系统可用于监控设施安全和车辆的运输过程，据统计，目前在全国约有480万辆危险品车、大客车、班线客车安装了北斗终端，监控管理各个车辆的效率和维护道路运输过程中的安全水平，均得到了有效提升。

森林防火，救灾减灾方面，北斗卫星导航系统以其精确定位技术，准确及时上报和共享灾情信息，实时进行指挥调度，短报文通信功能提应急通信功能，显著提高了救灾减灾的决策部署能力和反应能力。

在环境监测的方面，目前基于北斗的一系列气象探测型的终端设备形成的系统应用，不仅提高了国内高空气象探空系统的观测精度，而且其自动化水平和

应急观测能力都可到了相应的提升。

北斗卫星导航系统的应用存在着无限可能，2019年10月，国庆阅兵期间，由陆军军事交通学院牵头研发的北斗阅兵训练考核辅助系统，可保障32个方队580台车辆整体车速控制在10千米/小时，其定位精度达到厘米级，已经赶超世界先进水平。随着北斗系统的不断提升，其系统建设的不断增强，有望在2020年6月完成全球组网，实现全球的短报文通信、星基增强、国际搜救、精密定位等服务。

3 北斗卫星导航系统在通信中的应用及关键技术

3.1 北斗卫星导航系统在通信中应用的意义

2018年，在卡纳维拉尔角发射基地，首颗第三代GPS系统卫星成功发射，这是美国时隔两年以后，美国首次发射GPS系统的新型卫星，根据美国的公开资料显示，GPS IIIA卫星将具备双向数据传输能力，预计未来将利用GPS卫星配合新的双向客户端传输短数据包。一旦第三代GPS卫星完成组网，用户可以通过新的双向客户端，通过导航卫星进行短数据间的信息交互，该功能要求GPS III系统具备进行高速上行、下行和并行通信机制，实现“接通一颗星=接通全部星”的能力，从功能实现上看，这与北斗的短报文功能类似。但是目前，短报文通信服务，其一体化和便捷性，仍然是我国导航系统区别于其他卫星的独特存在，它将数据经由北斗的空间站进行中转，具有覆盖范围广，无通信盲区和数据传输加密等优势，可作为紧急情况通信工具。

北斗具有双向通信的功能，具体来说有两点，第一点：点对点的双向信息交互，用户能够知道自己的位置同时用户能够告诉别人自己的位置；第二点：一点对多点的单向传递，用户能够将信息传递给多人，该功能为各种平台应用提供了极大便利。特别是海上救助，交通运输指挥，灾区搜救指挥等领域，与现代卫星导航系统的发展需求契合。同时，为了保障通信过程中的稳定状态，北斗采用多级加密的通信渠道，能够适应各类复杂的通信环境。

该功能可以在灾区移动通讯中断，电力中断或移动通信无法覆盖的情况下，使用短消息进行通信，定位信息和遥感信息等，实现与现场人员的信息交互的可能。在搜索救援，维护管理，应急通讯等方面，显示其重要的应用价值。

据统计在汶川救援期间，救援队伍在技术应用范围内，通过北斗发送了70多万条信息，在抗震救灾行

动中,不仅能够显示位置信息,而且快速传递调度信息,抢在“72小时黄金抢救时间”前,成功组织搜救大量被害人员,体现了北斗在民生这块的技术优势。

3.2 北斗卫星导航系统在通信中的关键技术

3.2.1 信号的捕获

接收机得到中频信号后,捕获处理是第一步,通过测距码将糅杂的卫星信号区分开来。信号捕获的目标是获取扩频码的码相位和多普勒频移参量。前者是北斗信号解扩的基础;后者是载波剥离的基础。只有先对信号进行解扩和载波剥离,才能得到导航电文。常用的信号的捕获算法^[2]有:并行频率搜索法、线性搜索法和并行码相位搜索算法。

1) 并行频率搜索,即在一个码相位中,搜索其所有频率。其算法步骤如下:

首先接收机收到的中频信号与相载波进行混频得到一路结果,接收机收到的中频信号与内部载波发生器正交得到一路结果,将以上两路结果,再分别与本地产生的测距码进行相关,得到相关结果;

然后将相关结果变换到频域,由此得到在不同的频率下,相关结果的不同大小;

最后求频域信号在不同频率上的幅值,多普勒频移值即为幅值最大的点所在的频率值,捕获到的码相位就是对应的码相位。

在实际应用中,对搜索的速度要求较高,可以借助并行相关器,在时域和频域分别进行并行处理。

2) 线性搜索,首先确定频率搜索范围的中间值,然后从这个中间值开始,搜索这个频带上所有的码相位,然后到下一个频率值,再搜索这个频率带上所有的码相位,这样一直进行下去,直到捕获到了符合要求的结果。

线性搜索的优点是:应用范围广,原理易于理解,各种不同的信号搜索都可使用。其缺点:搜索速度最慢。

3) 并行码相位搜索,该方法是在某个频率下,对所有的码相位并行搜索,这种算法的优势是可以将相对复杂的运算转变成频域的相乘运算,降低了运算的复杂度,提高了运算的速度。

3.2.2 信号的跟踪

为了得到更为精确的载波频率和伪码相位,需要对信号进行更进一步的捕获,也就是跟踪。从整体来看,信号跟踪是一种自适应反馈机制的环路算法,来使得到的更为精准的信号的状态更为稳定的处理方式。其包含了两个环路,即码环和载波环,两个环路相互合作,相互耦合。

3.2.3 二次编码解调

二次编码能够改善原序列的相关性。在北斗导航系统中,为了提高北斗的工作性能,通常将测距码码长定为2倍的C/A码,但是该方式会增长捕获的时间,使接收机的效率降低。

为了解决上述问题,减少捕获代价的同时提高北斗工作的灵敏度,可以通过两种不同的类型的码进行调制得到新的扩频码,比如将周期短,码率高的CB1I码和刚巧相反的NH码进行调制,得到一个码率高且周期长的扩频码。另外,在信号总功率不变的前提下,二次编码还可以通过加载NH码减少信号的功率谱的谱线宽度,提高窄带的抗干扰能力。

二次编码解调一般采用后置解调算法,在信号跟踪后,对NH码进行解调处理。利用NH码的自相关性,将NH码和导航信号进行自相关,得到其自相关值,通过比较阈值的算法,可以判断信号中的NH码和本地的NH码是否匹配。

4 北斗卫星导航系统在通信中应用实例分析

4.1 电力行业

基于北斗短报文的用电信息采集,用电数据的实时性得到了保障,是如今北斗短报文在电力行业终端数量最多,成熟度最高的应用,目前,可使用北斗短报文采集的数据包括用电信息,配电网电压电流等^[3]。

随着新能源发电技术的发展,以风电,光伏为代表的小型分布式电站的数量越来越多。现有的电力通信以载波通信,光纤通信和通用分组无线服务/码分多址(GPRS/CDMA)为主要方式。现有的通信技术广泛应用在大型发电厂,变电站以及中低压配网自动化系统中,但是小水电,分布式光伏电站等电源点,因受到成本、地理位置和通信网络等多种因素的影响,大多数电源点的通信条件都无法满足电力系统常规要求。

北斗作为全球首个在定位,授时之外还具有短报文通信功能的全球导航定位系统,其双向通信功能可以使用户机与用户机点对点通信,用户机与地面控制中心之间点对多点交换数据,为电力系统在通信薄弱的情况下提供及时有效的信息传输功能。比如,在某些通信网络不能覆盖的地区的工作人员,可以通过北斗短报文功能进行信息传递,实现基于电力任务的联动和防护。

以北斗盒子为例,北斗盒子有中国北斗特有的RDSS短报文功能,实现了在无人区、弱信号地区使用北斗终端和短信、微信互通的功能,解决了困扰已久的难题。在紧急时刻,还能通过北斗盒子上的SOS键向后台发起求救信号,提高救援效率,降低企业损失。

4.2海上作业

通信功能在海上作业方面应用极广,包括船舶进出港、确认航线、海上搜救和船舶调度指令的接收等。GPS虽然本身没有通信功能,但是集成了主流通信系统例如GSM等来实现通信功能^[4]。短报文服务为北斗系统提供通信功能,其一体化构造,极大地便利了船载通导系统的可操作性。有利于推广船载通导系统。

北斗的短报文通信信息一般分为两种:静态和动态,其中静态信息包括船长的个人信息(姓名、国籍),船的相关信息(MMSI号、英文名、宽度)等,动态信息大多是指船舶的位置信息(位置的经纬度、行进速度和方向)。北斗系统考虑到系统的性能和资源的合理分配,目前短报文服务受到限制。例如,静态信息的通信间隔一般10min以上,目前为了提高通信效率,可以在其他平台利用船舶的MMSI号来获取部分静态资料。动态信息的通信频率一般1次/1min,并且可以根据船舶是否在港区,进行动态调整。然后短报文通信的丢码率较高,发送单报文,有十万分之一的丢包的危险。若是同时传输大量数据,丢包的概率还会大幅度增加。因此,为了确保在通信中的连续性和降低丢包的概率,在船舶使用中,会加入数据验证和重发机制^[5]。

基于北斗的航标遥测遥控系统为航标维护管理提供了一种新的信息化手段,对于维护管理无移动信号覆盖的地方的航标,起到了减少航标作业人员劳动强度,提高了工作效率和航标管理维护质量的作用。

航标遥测遥控终端将收集到的灯器的工作电压,工作电流,航标位置等数据转换为北斗卫星能接受的短报文形式,通过北斗卫星传送数据收集中心,再通过互联网技术将收集到的数据呈现在用户显示终端上。同时,用户显示终端上也可以实现对航标遥测遥控终端的操作指令(如开关,更改灯质等操作)。这些操作指令也将转化为短报文,通过北斗卫星实现对航标遥测遥控终端的远程监控。

同时针对海员、渔民在海上无公网信号区域与亲友联系困难的问题,目前市面上已有相关的基于北斗短报文产品,例如基于北斗导航卫星独有的短报文通讯技术实现即时通讯的北斗海聊。使用者只需下载安装其APP,注册完成后,打开手机蓝牙连接装有RD模块的北斗终端,就完成了。相较于北斗手持终端机来说,它具有小巧易携的优势。

北斗海聊具有通信稳定、性价比高的特点。一般海事卫星电话的费用为1分钟几块钱,而基于北斗的北斗海聊,发送一条短信只需0.29元,并且其微信海聊信箱通信无需费用。

中国海洋渔业水域面积广,约为300多万平方公里,据《2019-2025年中国渔业行业发展前景预测及投资战略研究报告》指出2018年我国渔业人口为1878.68万人,海洋渔业涉及范围广,包括保障渔民的生命安全、国家海洋经济安全,海洋资源保护和海上主权维护等。是北斗在民用领域中应用规模最大的板块。基于北斗的安全生产信息服务系统,保障了渔船的出海安全,发展了渔业生产。例如,南沙生产作业的渔船。农业部南海区渔政局建立了“南沙渔船船位监控指挥管理系统”,监控中心能够通过该系统随时获知渔船方位,有利于相关职能部门对渔船的管理。渔民可以利用船上的卫星导航通信系统与监控中心取得联系,特别是在通信网络无法覆盖的海上遇到危险时,能够及时发送遇险报告,监控中心根据其报告信息确定遇险地点,然后寻找出事地点周围最近的船只,向其发送求救信息,组织搜救。

4.3航空安全

在55-160°E、北纬5-55°N范围内,目前支持每秒400次(升级后支持每秒1660次)、每次41个汉字的入站位置报告通信能力;每秒640次,每次10个汉字的出站应急指挥通信能力。按照系统提供20%资源专供航空用户使用,使用频度为30秒一次位置报告,180秒一次应急指挥,通信长度41个汉字,以在线率50%为条件计算,可支持2万架飞机航空监视应用需求,4.6万架飞机航空应急指挥应用需求,可有力补充现有陆基手段无法覆盖区域的飞机航迹监视与应急指挥。

4.4燃气

燃气管网,具有高敏感性、高风险性和高保密性,人力施工存在极大的安全隐患,北京燃气从2013年起,将北斗应用到燃气的各个业务链,比如:施工管理、应急抢修等,取得良好的效果,其燃气泄露事件被动接警率降低了7.9%,人工巡检效率达到95%,降低了其燃气管网安全运营的风险。据统计,在北京市,有近4000个燃气场站和重点设备设施使用北斗短报文的通讯服务,来保障应急通讯。

5结语

短报文通信服务作为北斗卫星系统区别于其他卫星系统的标志,双向通信功能和保密程度受到大家喜爱。基于北斗短报文功能的产品持续进入市场,立足于实际需求,解决了当前某些特殊地方和特殊时刻对其的需求,并且在政府和各级组织的支持下,基于北斗短报文功能的产品相较于同期产品具有价格低廉,使用方便的优势。在未来发展中,这一技术也将会在

应用于更多领域。

References (参考文献)

- [1] Xiangqin Su. Analysis of the status and development prospects of Beidou satellite navigation system [J]. Journal of Guangxi Radio and TV University, 2019, 30 (03): 89-92. 苏相琴. 北斗卫星导航系统的现状及发展前景分析[J]. 广西广播电视大学学报, 2019, 30(03): 89-92.
- [2] Lihan Zou. Research on Key Technologies of Beidou Second Generation Software Receiver [D]. Xi'an University of Electronic Technology, 2014. 邹力涵. 北斗二代软件接收机关键技术研究[D]. 西安电子科技大学, 2014.
- [3] Yajing Lv, Ling Teng, Ya Xing, Huixia Ding, Chao Liu. Application status of Beidou satellite navigation system in the power industry [J]. Electric Power Information and Communication Technology, 2019, 17 (08): 70-74. 吕雅婧, 滕玲, 邢亚, 丁慧霞, 刘超. 北斗卫星导航系统在电力行业的应用现状 [J]. 电力信息与通信技术, 2019, 17(08): 70-74.
- [4] Xinda Yang. Application and Development of Beidou System in Maritime Rescue [J]. Zhujiang Water Transport, 2019 (14): 94-95. 杨昕达. 北斗系统在海上救助领域的应用与发展 [J]. 珠江水运, 2019(14): 94-95.
- [5] Junyong Kang. Application analysis of Beidou in ship dynamic monitoring [J]. Zhujiang Water Transport, 2019 (17): 27-28. 康隽永. 北斗在船舶动态监控中的应用分析 [J]. 珠江水运, 2019(17): 27-28.