

基于北斗的自动气象站报文传输方案设计

王明辉 雷卫延 黄海瑾 黄飞龙

(广东省气象探测数据中心, 广州 510080)

摘要 针对北斗卫星下行通信受 4G 和 WIFI 信号带内干扰导致传输成功率低的情况, 设计了基于增加传输次数来降低误码率的自动气象站北斗传输方案。首次提出并建成用于传输自动气象站报文的北斗指挥机用户群, 根据北斗用户机的传输能力设计专用的气象报文编码格式, 利用冗余频度开展报文重发, 实现单个时次报文的 4 次重复接收, 稳定地保证了较高的传输成功率。方案同时实现了观测报文 1 min 内到达预报员桌面, 在稳定性和时效性上均取得了突破。

关键词 大气探测; 自动气象站; 数据传输; 北斗短报文

中图分类号: P413 **DOI:** 10.19517/j.1671-6345.20180707 **文献标识码:** A

引言

我国于 2018 年初发布《气象“一带一路”发展规划(2017~2025 年)》, 提升“一带一路”的气象保障和服务能力, 要求到 2025 年, 基本完善面向“一带一路”的综合气象观测体系, 广泛应用卫星技术, 基本建成沿线重点区域气象观测站网^[1]。未来几年, “一带一路”沿线将建设大量自动气象观测站, 观测数据的实时可靠传输成为重要研究课题^[2]。北斗二号卫星导航系统通过 5 颗 GEO(GEOstationary earth orbit, 地球同步轨道)卫星提供短报文通信服务, 成本低、时效性高^[3], 已经逐渐成为性价比较高的海洋气象观测传输手段^[4-9]。但北斗二号卫星通信下行频率为 S 波段, 与 4G 网络和 WIFI 信号频率接近, 地面终端在接收短报文时易受带内干扰, 导致接收成功率降低。

本文对普遍应用的单指挥机北斗终端用户群架构升级优化, 首次提出并建立双指挥机架构的自动气象站数据传输系统, 设计专门的气象报文格式降低频度消耗, 利用冗余频度进行数据重发, 设计协同机制实现双指挥机发送频度统一调度, 通过专用指令集对自动气象站进行远程控制, 系统传输可靠性得以明显提高。系统已在广东省气象部门稳定运

行, 开展海岛、船舶、油气平台等无移动信号区域的海洋自动气象观测数据传输。

1 方案架构

在单指挥机用户群中, 数据中心架设一台指挥机, 其他北斗用户机作为下属机安装在自动气象站端, 下属机将气象信息和接收信息的指挥机 ID 加密, 利用 GEO 卫星传输至北斗卫星地面总站, 总站对信息脱密和再加密, 通过 GEO 卫星广播给指挥机, 指挥机解调脱密获得气象信息, 完成一次气象观测报文的传输共需要在空间传输 4 次。北斗二号卫星通信上行频率为 L 波段, 下行频率为 S 波段, 在北斗指挥机的接收阶段最易受到 4G 网络和 WIFI 干扰降低传输成功率。由于北斗系统允许指挥机利用监听功能同时接收其下属机所接收到的信息, 本文基于监听功能设计了一种双北斗指挥机架构的自动气象站数据传输方案, 在指挥机接收阶段增加一路接收提高成功率, 方案架构如图 1 所示。

1.1 运行规则

北斗指挥机 A 与北斗用户机构成常规的单指挥机用户群, 用户机预置指挥机 A 的 ID, 以点对点的方式向指挥机 A 发送气象报文。指挥机 A 对接收到的报文做 CRC 校验后经网络传输至数据处理

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

广东省气象探测数据中心科学技术研究项目(2018SJZX22)资助

作者简介: 王明辉, 男, 1989 年生, 硕士, 工程师, 主要从事气象探测设备研发和保障, Email: 893138210@qq.com

收稿日期: 2018 年 12 月 25 日; 定稿日期: 2019 年 8 月 6 日

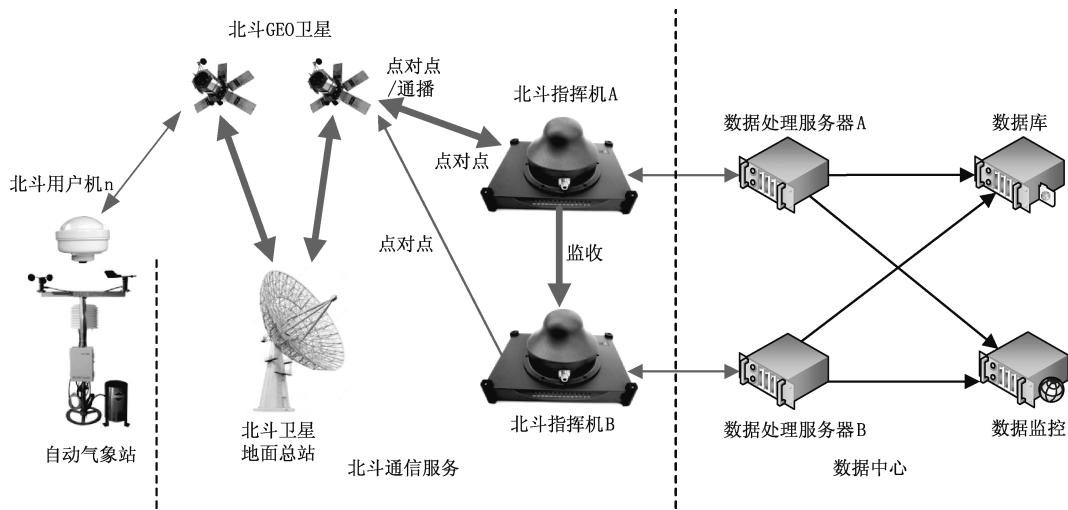


图 1 方案架构

服务器 A,运行在服务器上的数据处理软件对报文进行解析,向数据库上传数据并生成监控信息。指挥机 A 可以利用通播功能同时向所有下属机一次性发送相同信息,实现批量校时等功能,也可以根据用户机 ID 向指定用户机点对点发送特定信息,如获取位置、调取过时报文、设置自动气象站参数等。

北斗指挥机 B 的加入是本方案在架构上的创新,在前述单指挥机用户群基础上,指挥机 A 与用户机集体作为指挥机 B 的下属机,形成一个更高层面的用户群,如图 2 所示。指挥机 B 监听指挥机 A 接收到的全部信息,继而将报文传输至数据处理服务器 B。数据处理服务器 B 与 A 均部署了数据处理软件,两台服务器各自完成数据处理与上传。根据北斗用户群管理规则,指挥机 B 参与的新用户群不再拥有通播功能,即指挥机 B 只能向用户机点对点发送指令。

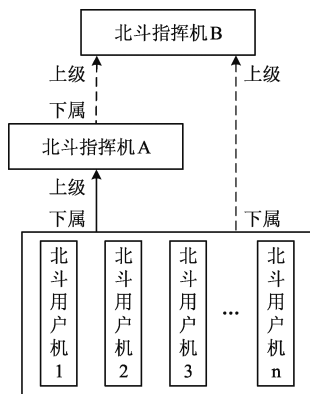


图 2 双指挥机用户群架构

1.2 双机互补

指挥机 A 和 B 相互独立地接收相同的气象数据,互为热备份,但受机器灵敏度、电磁干扰等影响,两者实际接收报文数量并不完全一致。如图 3 的集合分析,矩形为指挥机 A 和 B 应当收到的全部气象数据,圆圈 A 和 B 分别表示指挥机 A 和 B 实际接收到的数据集合,采用双指挥机时接收的数据集合为 $A \cup B$,比指挥机 A 单独运行多接收的数据为 $A \cup B - A$,接收数据总量近似单指挥机下对全部自动气象站操作一次数据补调。需要指出,北斗用户机在一次发送完毕后需等待 60 s 的频度才能进行再次发送,补调报文最快也要在 60 s 后发出,而指挥机对每个缺报自动气象站单独发送一次调报指令均需要占用 60 s 的频度,可见随着站点数量增加,逐一调报将占用不可接受的时间资源。本方案的双机架构下两台指挥机同时接收数据,在保证时效性的基础上提高接收成功率,其提高量 $A \cup B - A$ 或 $A \cup B - B$ 取决于两台指挥机的部署环境和实时运行情况。

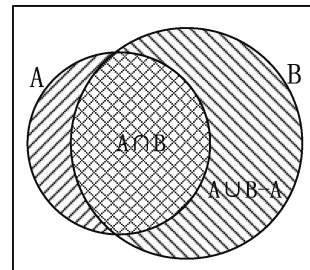


图 3 双机接收情况的集合分析模型

在实际业务中,指挥机不仅受电磁干扰、空域遮挡、卫星波束的影响,还会遭遇断网、停电,甚至雷击损坏,因此在部署指挥机时,接收成功率并不是选址的唯一决定因素,还应当综合考虑工作环境稳定性、维保方便性等各方面条件,应当选择条件互补的两个站址,实现系统工作效益的最大化。

2 自动气象站报文

发射频度和单次可传输信息长度的客观限制决定了北斗短报文比移动通信传输效率低很多,通过优化扩展协议,北斗用户机的单次可传输信息长度较前几年已经有一定提升,但仍远低于常规自动气象站报文的长度^[10]。目前的北斗短报文传输方案一般采用 2~3 条报文拼接的方式传输一个时次的气象数据,受发送频度限制,完成一个时次的气象数据传输需要延迟 60~120 s,极大降低了数据传输效率^[11]。本文根据北斗短报文传输能力优化设计自动气象站报文编码,用更短的报文传递必要的气象信息。

2.1 报文优化

WP3103 新型海洋自动气象站全新设计北斗通信口的报文编码,在传统报文中剔除部分统计性信息,压缩报文长度,利用后端数据处理软件做数据统计再恢复这些数据项,实现单条北斗短报文传输一个时次的风速、风向、降水量、气温、相对湿度、气压、能见度共 7 个要素的观测数据,达到观测数据秒级传输和 1 min 到预报员桌面的业务需求。

报文设计为定长格式,采用 ASCII 码+16 进制混合编码,格式如表 1。报文参数包括自动气象站站号、报文观测时间、报文标识等,采用可读性强的 ASCII 码编码,方便数据处理软件对报文进行先期识别。观测数据包括要素标识和观测值,要素标识为 ASCII 码编码,缺失时记为“N”,观测值采用 16 进制数编码,缺失时以“/”补齐占位。报文还包含了 UPS 电压信息,用于辅助判断自动气象站停机原因和预知其供电情况。报文采用和校验方式,将结束符“\r\n”以前的数据按字节相加,取低 4 个字节作为校验码,加上前端指挥机内置的 CRC 校验,用两级校验保证最终报文的有效性。综合传输能力与经济成本,方案采用传输能力较强的 SN2P110YX 型北斗用户机,实现了利用 103 字节定长报文发送一个时次的观测数据。

表 1 适合北斗传输的自动气象站报文编码

要素	长度/Byte
报文标识	4
站号	5
校验码	4
次序标识	1
观测时间	6
风速风向	29
降水量	13
气温	9
相对湿度	6
气压	9
能见度	11
电压	2
段间空格	2
结束符	2

2.2 报文重发

根据现行气象观测规范,自动气象站每 5 min 上传 1 组分钟观测数据^[12],北斗用户机在完成 60 s 的发送频度等待后,距离下次发送任务约有 4 min 的频度冗余。受卫星信号、电磁干扰的影响,北斗短报文通信稳定性会产生波动,为进一步提高传输可靠性,方案利用冗余频度设计了报文重发机制。WP3103 新型海洋自动气象站发送一次报文后等待 60s 的频度,然后将报文重复发送一次,重发报文的次序标识设为“2”,用于数据处理软件的识别,如第 1 条报文已经正常处理,软件对第 2 条报文不再处理。由表 2 可见报文的单次接收成功率越低,报文重发机制带来的成功率提升越明显。而在双北斗指挥机架构下采用报文重发机制时,一个时次的气象报文接收 4 遍,报文接收成功率基本保证超过 90%,效果提升显著。

表 2 报文重发和双指挥机机制提升效果理论分析 %

单次接收成功率	重发接收成功率	重发接收提升效果	重发双收成功率	重发双收提升效果
95	99.75	5	99.9994	5.26
90	99.00	10	99.9900	11.10
85	97.75	15	99.9494	17.59
80	96.00	20	99.8400	24.80
70	91.00	30	99.1900	41.70
60	84.00	40	97.4400	62.40
50	75.00	50	93.7500	87.50

3 数据处理软件

方案部署两套数据处理软件,各自通过网络连接一台指挥机,软件包括通信模块、处理模块、存档模块、上传模块、分发模块、显示模块,主要实现北斗终端管理和气象观测数据处理功能,如图 4。软件根据报文标识“dmgd”识别当前数据包是否为分钟观测数据,按报文编码规则对分钟观测数据特定字段做处理和校验,如计算结果与报文中的校验码相同则通过校验,开始解包。解包时首先提取站号并在站点信息表中检索是否包含当前站号,如包含则继续提取报文中的观测时间作为本数据包的记录标记。提取各气象要素观测数据时先判断要素标识,若为“N”则该要素下的各项观测数值以“/”补齐。数据解析完毕后,按照特定编码格式写入 Z 文件^[13],通过 FTP 上传给数据库入库软件,进而写入数据库供预报员使用。软件同时向监控服务器推送一路数据,实现监控和到报率的统计^[14]。为方便复查,软件在本地生成 XML 文件记录观测数据,每站每日生成一份 XML 文件,按月存放在服务器硬盘。



图 4 数据处理软件

3.1 双机协同

WP3103 新型海洋自动气象站在北斗通信接口设计了一系列指令集,实现利用数据处理软件对自动气象站远程控制,功能包括站号、时间、观测要素等参数的设置,如表 3。对不同站点而言,某些参数信息并不相同,不能采用通播方式下发指令,只能采用点对点方式逐个发送。随着站点数量越来越多,指挥机点对点发送指令的频度愈发紧张,为充分利用两台指挥机的频度资源,数据处理软件设计了双

机协同调度功能。

表 3 自动气象站控制指令集

设置指令	功能
datetime 2018-05-18 12:00:00	设置日期时间
push 05	设置发报间隔
id 99999	设置站号
senst T0/... 0/1	设置观测要素
windtype 0/1	设置风传感器类型
cleardata	清空历史数据
reset	重启

部署的两套数据处理软件在使用时需分别设置为主、副运行,本方案设置数据处理软件 A 为主,B 为副,主/副软件在相互设置对方的 IP 和端口后建立 UDP 通信,主软件 A 在指挥机 A 频度占用情况下,会将队列中的发送任务通过 UDP 发送至副软件 B,由指挥机 B 执行该发送任务,总发送效率提高一倍。

3.2 自适应校时

为保证各型气象观测设备的同步观测,自动气象站需要向统一的时间服务器校时。数据处理服务器设置定期向时间服务器校时,数据处理软件每天在特定的时间利用通播功能对全部站点校时一次。为应对个别站点在校时间隔内出现的时间复位或跳变异常,软件还将报文中的时间与服务器时间对比,对时间异常的站点发送校时指令逐一校时。由于这种时间跳变异常极少发生,通过双机协同机制完全满足发送频度需求。为降低校时对自动气象站当前分钟观测值的影响,校时指令仅在非业务观测分钟的 0~10 s 之间发出,自动气象站在校时完毕后的本分钟内仍有超过 50 s 的观测时间,对本分钟的观测值影响较小。

3.3 自发自收测试

北斗指挥机和用户机在部署选址时都需要对环境做工况测试,确定北斗终端在该址的运行效果,为此,数据处理软件设计了自发自收测试功能。软件通过计算机串口直接连接北斗终端,在自发自收测试功能下,利用定时器每秒钟查询一次所连接终端的频度,当频度未占用时,将计算机当前时间以数传模式发送给本终端的 ID,如通信正常,软件稍后将收到该时间信息,发送信息与接收信息各自写入日志文件。测试完毕后,根据日志可以计算自发自收

成功率,用于评估该站是否可以采用北斗通信。在电磁环境纯净的区域,也可以利用本功能测试北斗终端是否故障。

4 应用情况

本方案于 2018 年 9 月建成使用,其中北斗指挥机 A 部署在广州国家基本气象站,指挥机 B 部署在广东省突发事件预警信息发布中心,数据处理服务器部署在广东省突发事件预警信息发布中心的私有云平台上。指挥机安装前先在两个站址做自发自收测试,远郊的广州国家基本气象站成功率达 98.6%,市区的广东省突发事件预警信息发布中心成功率为 96.4%,两个站址在接收能力、工作环境、维保方便性等方面形成互补。表 4 对 2018 年 10—12 月的系统到报率做了统计分析,在剔除自动气象站故障时间后,指挥机 A 的平均到报率为 97.6%,指挥机 B 的平均到报率为 95.7%,平均综合到报率为 98.5%,较单指挥机 A 提升 0.97 个百分点。目前本系统已经负责近 40 个海洋自动气象站的数据传输,根据规划,未来站点总量将超过 100 台。

表 4 系统到报率分析

月份	到报率 A	到报率 B	综合到报率
10	97.6	95.3	98.5
11	97.2	95.7	98.4
12	97.9	96.1	98.7

5 结论

本文针对北斗短报文传输过程的薄弱环节设计了双指挥机架构的北斗终端用户群,通过报文的合理编码实现观测数据 1 min 到达预报员桌面,利用冗余频度重发报文,进一步提高报文传输成功率。方案已经成功应用于广东省沿海、海岛、油气平台自

动气象站的报文传输,应用结果证明该方案能够有效支撑海洋自动气象观测的报文传输业务。目前,越来越多的国家和地区参与到“一带一路”中来,海洋贸易和海上运输对沿线的气象预报需求更加迫切。北斗卫星已于 2018 年 12 月实现对全球的覆盖,随着短报文功能服务全球,本方案将具备在全球开展自动气象观测的数据传输能力。

参考文献

- [1] 中国气象局. 气象“一带一路”发展规划(2017—2025 年)[Z]. 北京:中国气象局,2018.
- [2] 行鸿彦,张金玉,徐伟. 地面自动气象观测的技术发展与展望[J]. 电子测量与仪器学报,2017,31(10):1534-1542.
- [3] 谷军霞,王春芳,宋之光. 北斗短报文通信信道性能测试与统计分析[J]. 气象科技,2015,43(3):458-463.
- [4] 刘持菊,李小汝,王春芳,等. 北斗气象预警信息发布系统及其在秭归的应用[J]. 气象科技,2017,45(4):629-636.
- [5] 李海胜,曹之玉,贺姗姗,等. 基于北斗卫星的气象灾害预警发布系统设计和应用[J]. 气象科技,2014,42(5):799-803.
- [6] 谭鉴荣,吕雪芹,郎东梅,等. 基于卫星通信的海洋气象数据采集系统设计[J]. 气象科技,2013,41(1):51-56.
- [7] 姚作新. 基于北斗卫星短报文通信方式的无人值守自动气象站网[J]. 气象科技,2012,40(3):340-344.
- [8] 吴维,齐久成,张静,等. 基于北斗系统的 ARGO 浮标设计[J]. 气象科技,2013,41(3):459-463.
- [9] 赵世军,高太长,刘涛,等. 基于北斗一号的高空风探测方法研究[J]. 气象科技,2012,40(2):170-174.
- [10] 吕玉嫦,黄海瑛,黄飞龙. 新型自动气象站与 II 型自动气象站的对比分析[J]. 广东气象,2018,40(5):68-72.
- [11] 雷卫延,李源鸿,杨志健. 船舶自动气象站中心采集系统的设计与实现[J]. 广东气象,2014,36(6):63-66.
- [12] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003:5-7.
- [13] 中国气象局. 地面气象观测数据文件和记录簿表格式[M]. 北京:气象出版社,2005.
- [14] 黄宏智,黄飞龙,陈冰怀. 新型自动气象站实时监控系统的设计与实现[J]. 广东气象,2016,38(5):74-77.

(下转第 915 页)

Designation of Automatic Weather Station Message Transmission Project Based on Beidou

Wang Minghui Lei Weiyan Huang Haiying Huang Feilong

(Guangdong Meteorological Observation Data Center, Guangzhou 510080)

Abstract: To solve the problem of low transmission success rate caused by the internal disturbance of 4G and WIFI signals to the downward transmission of Beidou, this paper designs a message transmission project for Automatic Weather Stations (AWSs) based on Beidou to reduce the code error rate by increasing the transmission frequency. It promotes and establishes for the first time the Beidou dual-commander user group for transmitting the messages of AWSs, designs a special encoding format for AWS messages based on the transmission ability of Beidou user machines, and utilizes redundant frequentness to resend the messages that can be repeatedly received for 4 times to guarantee a steady and high transmission success rate. Besides, the AWS messages can be used by forecasters in 1 minute, showing a breakthrough in terms of stability and timeliness.

Keywords: atmospheric probing; automatic weather station; data transmission; Beidou SMS