

# 一种用于海洋综合观测浮标的多种通信方式集成系统

王春晓, 王旭, 刘长华, 贾思洋

(中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071)

**摘要:** 为了优化海洋综合观测浮标的通信系统, 设计了一种通信方式集成系统, 将多种通信模块进行集成管理, 并在每个数据发送周期进行通信信号检测, 经过比较选择最优的通信方式进行数据传输。该系统具有采集数据完整、数据冗余小、运行功耗低等优点, 有效增强了浮标的通信能力, 完善了原有通信系统的功能, 并且后期还具备较强的可扩展性功能, 如浮标舱内环境监测和独立定位等, 进一步增强浮标的安全性。该系统已经完成 12 个月的海上试运行, 系统运行稳定, 功能达到预期, 可满足海洋综合观测浮标对多种通信方式进行优化管理的需求。

**关键词:** 多种通信方式; 观测浮标; 无线实时传输

中图分类号: TN98 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2020)01-0142-06

DOI: 10.11759/hyqx20190314001

目前, 不断出现的涉及海洋气象、海面表层、水体剖面以及海底的新型观测技术, 由于实时通信技术手段的应用, 基本可以对海洋进行实时、连续、长期、全方位地立体监测, 实现真正意义上的“透明”海洋。海洋综合观测浮标是一种用于实时获取海洋气象、水文、水质、生态、动力等参数的漂浮式自动化监测平台, 是随着科技发展和海洋科学研究、环境监测及预报的需要而迅速发展起来的新型海洋环境监测设备, 具有实时、连续、长期、全天候和自动化等优点, 也是当前国际、国内主流、重要、可靠、稳定的海洋观测技术手段之一, 因此其技术水平的升级和研发受到世界各国的极大重视和大力发展<sup>[1-2]</sup>。

为保障观测数据获取的完整性, 国内外大部分海洋综合观测浮标均采用 GSM(Global System for Mobile Communications, 全球移动通信系统)、高频通信、卫星通信、GPRS(General Packet Radio Service, 通用分组无线业务)和 CDMA(Code Division Multiple Access, 码分多址)等多种无线通信方式来实现观测数据的实时传输, 其中应用于我国近海的海洋综合观测浮标, 通常采用 CDMA、GPRS 和北斗 3 种通信方式<sup>[2-4]</sup>。譬如中国科学院近海海洋观测研究网络的黄海站和东海站在黄、东海海域布放的海洋综合观测浮标均采用了至少两种通信方式进行优势互补, 距离岸边较近的采用 CDMA+GPRS 的组合, 距离岸边较远的采用 CDMA/GPRS+北斗的组合。在每一个观测数据发送周期, 通信系统中的全部通信模块均

上电工作, 按相应的方式发送观测数据, 陆基数据接收系统实时接收来自多个海洋综合观测浮标以各种方式发送的全部观测数据, 并对这些数据进行处理、显示和存储。这种通信方案的优点是尽可能地保证观测数据的全面完整性, 但由于各通信模块属于独立运行, 缺乏统一管理, 因此存在重要数据缺失、相同数据重复发送、系统功耗较大等问题。针对上述问题, 本文设计了一种用于海洋综合观测浮标的多种通信方式集成系统, 将各通信模块进行集成管理, 在每个数据发送周期, 只选择当前信号质量最优的通信方式将浮标的观测数据实时发送到陆基接收站。

## 1 海洋综合观测浮标原通信系统存在的不足

### 1.1 重要数据缺失

海洋综合观测浮标的观测参数通常包括气象(气温、湿度、气压、风速风向、能见度、雨量)、水文(波浪、剖面海流、水温、盐度)和水质(浊度、叶绿素、

收稿日期: 2019-03-14; 修回日期: 2019-04-25

基金项目: 中国科学院科研仪器设备研制项目(YJKYYQ20170010)

[Foundation: Research instrument and equipment Development Project of Chinese Academy of Sciences, No. YJKYYQ20170010]

作者简介: 王春晓(1981-), 男, 内蒙古乌兰察布人, 工程师, 硕士, 主要从事海洋观测技术的研究, 电话: 0532-82899212, E-mail: cxwang@qdio.ac.cn; 刘长华, 通信作者, 正高级工程师, 主要从事海洋观测方面的研究管理工作, 电话: 0532-82898789, E-mail: lch@qdio.ac.cn

溶解氧)等等,每个周期的数据量比较大,而北斗一次传输的数据量却比较小,因此在使用北斗方式进行数据传输时只能将一组观测数据分成若干子包进行分时传输,而当其中任何一个子包发生错误或丢失就会导致这组观测数据无法使用<sup>[5]</sup>。此外,陆基数据接收系统要同时接收多个浮标的观测数据,但不同浮标的数据发送频率各不相同(1次/10 min、1次/30 min或1次/h),在某一时间点上(尤其是整点时刻)大量浮标同时发送数据就会造成数据接收拥塞,甚至造成数据丢包的情况。综合考虑上述问题,为了保证北斗通信的畅通和有效,使用北斗发送的观测数据分为3个子包<sup>[6]</sup>,并且不包含风、气温、湿度、气压等气象参数的分时数据,这些分时数据只能通过CDMA或GPRS传输。因此,当CDMA或GPRS信号偏弱时,无法实时了解气象的分时变化,而在极端天气和应急情况下的气象分时数据却尤为重要。

### 1.2 相同数据重复发送

当使用的各通信方式信号均比较强时,浮标的同一组观测数据就会重复发送,同时接收多个浮标每种通信方式发送的观测数据会导致服务器运行缓慢,数据接收滞后,甚至造成系统死机,多条相同的观测数据同时也增加了数据处理、存储和管理的工作量。

### 1.3 通信系统功耗较大

海洋综合观测浮标主要采用太阳能板-蓄电池联合供电方式,因而电力较为有限。当前的通信系统在每个观测数据发送周期,各个通信模块均上电工作,因此整体功耗较大。一些小型浮标由于可安装的蓄电池容量有限,供电能力较弱而无法使用北斗通信方式。

## 2 多种通信方式集成系统设计

### 2.1 系统总体设计

浮标原通信系统的数据传输方案如图1所示,浮标数据采集器定时采集海洋观测传感器的观测数据,然后分别传输给DTU(Data Transfer Unit,无线通信网络进行传送的无线终端设备)和北斗模块,并通过各自的天线发送到陆基数据接收系统进行存储、处理和显示。多种通信方式集成系统的数据传输方案如图2所标,浮标数据采集器定时采集海洋观测传感器的观测数据,然后传输给多种通信方式

集成系统,该系统通过判断通信信号强度选择当前最优的通信方式将浮标观测数据发送到陆基数据接收系统,同时还对信号强度数据和浮标观测数据进行存储,为后期进行通信信号分析提供数据,并对浮标观测原始数据进行备份。

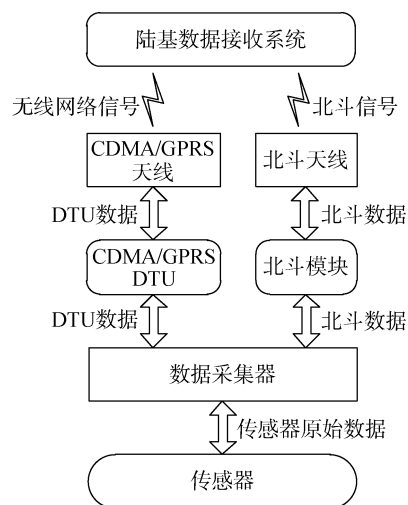


图1 浮标原通信系统的数据传输方案  
Fig. 1 Data transmission scheme of the original buoy communication system

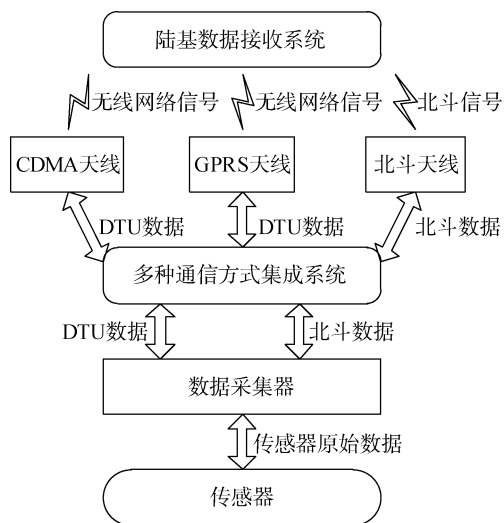


图2 多种通信方式集成系统的数据传输方案  
Fig. 2 Data transmission scheme of the multi-communication system

多种通信方式集成系统主要具备以下功能:

- (1) 实时接收浮标数据采集器的观测数据。
- (2) 实时接收陆基数据接收系统服务器反馈的通信链接是否成功建立以及数据是否成功接收等重要回执信息,并将这些信息发送给浮标数据采集器。
- (3) 实时检测通信模块的信号强度。

(4) 根据信号强度情况, 选择最优通信方式给相应的通信模块上电并发送浮标观测数据。

(5) 将信号强度数据以及浮标观测数据进行存储。

(6) 可通过相关外设进行相关参数的设置和数据下载。

(7) 预留舱内环境监测通道, 后期可增加舱内环境参数的测量。

## 2.2 系统硬件设计

### 2.2.1 系统框架结构

系统选用超低功耗的单片机作为 MCU (Micro-controller Unit, 微控制单元) 构建控制模块, 利用 MCU 的 5 个串口搭配外围电路, 实现系统与浮标数据采集器以及各通信模块的数据传输, 电路板上集成了 CDMA 模块和 GPRS 模块, 并外接北斗一体机(图 3)。供电模块分别通过三极管和 DC-DC 芯片两种方式给系统供电, 根据各单元供电需求可提供的电压有 12、9、5 和 3.3 V; AD 模拟量接口为系统预留通道, 后期可根据需要采集相关传感器的测量数据从而监测浮标舱内环境参数。MCU 选择 MICROCHIP 公司新推出的型号为 PIC32MXF575F512L 的单片机进行系统开发, 该芯片是性能优良的超低功耗 32 位单片机, 具有丰富的外设功能部件和增强的计算性能<sup>[7]</sup>。存储系统主要使用 SD 卡来存储 CDMA 和 GPRS 通信信号强度数据以及从浮标数据采集器获得的 DTU 数据和北斗数据, 并设计了相应的文件系统。

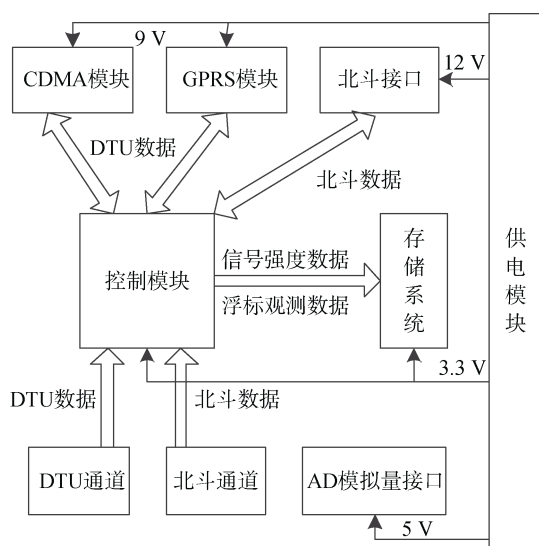


图 3 系统硬件框架图

Fig. 3 Hardware frame diagram of the system

### 2.2.2 工作模式切换控制

系统使用的 3 种通信模块在进行参数配置以及工作模式切换时需通过不同的软件和各自的通道分别操作, 给系统的设置以及后期维护调试带来诸多不便。针对该问题, 项目组经过讨论和测试最终选择物理开关实现工作模式切换以及参数配置通道选择的技术方案, 方便系统设置和调试。物理开关选用 2 位拨码开关(图 4), 可以切换 4 种模式, 当拨码开关的状态为 00 时, 系统工作模式为数据传输模式, 即在浮标上的正常工作模式, 进行通信方式的选择以及观测数据的传输; 当拨码开关的状态为 01 时—03 时, 分别为 CDMA 模块、GPRS 模块和北斗模块的配置模式, 可以通过计算机对模块进行参数配置或检测。

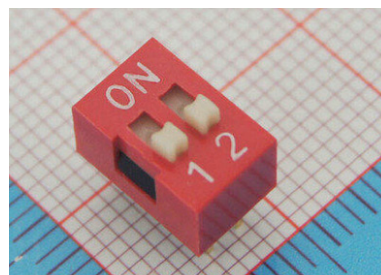


图 4 拨码开关

Fig. 4 Dial code switch

### 2.2.3 系统软件设计

系统软件流程图如图 5 所示, 系统上电后首先监测拨码开关状态来判断系统当前的工作模式, 如果是配置模式, 则根据拨码开关的状态打开对应模块的配置通道, 此时可以使用外部计算机进行模块的参数配置; 如果是通信模式, 首先对存储系统进行初始化, 然后实时侦听浮标数据采集器的 DTU 通道和北斗通道是否有数据, 只要有数据就进行存储, 并开始检测通信模块信号强度并进行存储, 根据当前信号强度来选择最优的通信方式给相应的通信模块上电并进行数据发送, 当确认本周期数据传输完成后将通信模块断电, 等待下个数据采集周期继续重复上述过程, 保证陆基数据接收系统实时接收浮标以最优通信方式发送的观测数据。其中最优通信方式选择的方法如图 6 所示, 如果 CDMA 的信号强度  $Q_C$  和 GPRS 的信号强度  $Q_G$  都小于阈值  $Q_0$ , 则给北斗模块上电, 并将北斗通道传来的数据通过北斗方式进行发送; 如果  $Q_C \geq Q_G \geq Q_0$ , 则给 CDMA 模块上电, 并将 DTU 通道传来的数据通过 CDMA 方式进

行发送; 如果  $Q_0 \leq Q_G < Q_C$ , 则给 GPRS 模块上电, 并将 DTU 通道传来的数据通过 GPRS 方式进行发送。

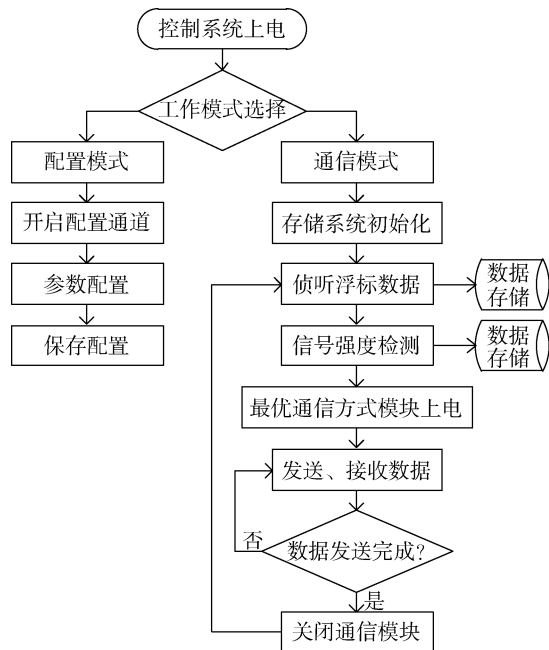


图 5 多种无线通信方式集成系统软件流程图

Fig. 5 Software flowchart of the multi-communication system

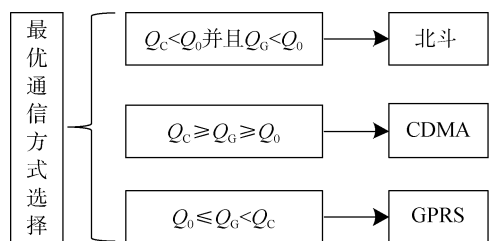


图 6 最优通信方式选择方法

Fig. 6 Optimal communication mode selection method

### 3 系统海上测试

研制完成的多种通信方式集成系统于 2017 年 12 月 4 日在中国科学院近海海洋观测研究网络黄海站的 07 号浮标完成集成安装和系统调试, 并顺利通过近岸拷机试验。最终, 该系统于 2017 年 12 月 14 日随浮标完成海上布放, 每半个小时发送一组观测数据。到目前为止, 浮标已经在海上稳定运行超过 12 个月, 陆基数据接收系统的数据接收连续完整。表 1 统计了 07 号浮标安装多种通信方式集成系统后 2018 年度每个月接收数据的情况, 可以计算全年 99.35% 的观测数据通过 CDMA 方式发送, 0.05% 的观测数据通过 GPRS 方式发送, 0.6% 的观测数据通过北斗方式发送。海上连续长期的试验表明该系统严格按照设定的程序对浮标各通信方式进行管理, 并且运行稳定可靠, 功能达到设计要求。尽管多种通信方式集成系统的应用增加了浮标通信系统额外的功耗, 但其本身的功耗相对于各个通信模块的功耗非常低, 从而降低了浮标通信系统的整体功耗。经过测试, 多种通信方式集成系统本身的平均功耗分别为 CDMA 通信模块的 23.78%, 为 GPRS 模块的 34.82%, 为北斗通信模块的 7.93%。结合 07 号浮标 2018 年度的数据接收情况可计算出其通信系统的年功耗相比安装 GPRS+CDMA 的方式降低了 25.75%, 相比安装 GPRS+北斗的方式降低了 66.07%, 相比安装 CDMA+北斗的方式降低了 68.76%。

### 4 结论

海洋综合观测浮标系统是海洋科学研究获取海

表 1 2018 年 07 号浮标数据接收情况

Tab. 1 Data reception of buoy No. 07 in 2018

月份	数据量/组					接收率/%
	浮标采集	陆基站接收	CDMA 发送	北斗发送	GPRS 发送	
1 月	1 488	1 488	1 483	5	0	100
2 月	1 344	1 344	1 344	0	0	100
3 月	1 488	1 488	1 488	0	0	100
4 月	1 440	1 440	1 422	15	3	100
5 月	1 488	1 488	1 488	0	0	100
6 月	1 440	1 440	1 440	0	0	100
7 月	1 488	1 488	1 485	3	0	100
8 月	1 488	1 488	1 459	29	0	100
9 月	1 440	1 440	1 440	0	0	100
10 月	1 488	1 488	1 467	21	0	100
11 月	1 440	1 440	1 410	30	0	100
12 月	1 488	1 488	1 481	2	5	100

洋数据的重要设施,其数据通信系统是保障数据实时获取的关键部分,本文设计的多种通信方式集成系统重点解决了现有海洋综合观测浮标系统数据通信存在的问题,既保证浮标观测数据的接收实时完整性,又避免相同数据重复发送,减轻陆基接收服务器数据管理、分析的工作量,同时还降低了浮标通信系统的整体功耗。通过海上试验已经验证该系统可推广应用于我国近海各类海洋综合观测浮标系统中,具有较好的实用价值。此外,该系统还预留了浮标舱内环境监测通道,后期配合相应的数据接收软件,可扩展对浮标仪器舱内温度、湿度以及压力等参数进行实时监测的功能,确认舱内设备和工作环境是否安全;并且还可扩展北斗定位功能,当浮标安装的GPS因天线故障或信号偏弱等原因定位失败时,可远程开启北斗定位,及时跟踪浮标的位置信息,提升浮标运行的安全性。

#### 参考文献:

- [1] 王军成. 海洋资料浮标原理与工程[M]. 北京: 海洋出版社, 2013: 1-2.  
Wang Juncheng. The Theory and Project of Ocean Data Buoy[M]. Beijing: China Ocean Press, 2013: 1-2.
- [2] 刘长华, 王春晓, 贾思洋, 等. 锚泊式海洋剖面观测浮标系统[J]. 海洋科学, 2014, 38(8): 99-102.  
Liu Changhua, Wang Chunxiao, Jia Siyang, et al. The system of mooring marine profiling observation buoy[J]. Marine Sciences, 2014, 38(8): 99-102.
- [3] 王波, 李明, 刘世萱, 等. 海洋资料浮标观测技术应用现状及发展趋势[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(11): 2401-2414.  
Wang Bo, Li Ming, Liu Shixuan, et al. Current status and trend of ocean data buoy observation technology applications[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2014, 35(11): 2401-2414.
- [4] 刘长华, 王春晓, 贾思洋, 等. 基于 10 米浮标载体的锚链式剖面观测系统实践之一: 自容式采集方式[J]. 海洋科学, 2016, 40(8): 94-99.  
Liu Changhua, Wang Chunxiao, Jia Siyang, et al. Anchor chain-type profiling observation system based on 10 m buoy: Self contained acquisition mode[J]. Marine Sciences, 2016, 40(8): 94-99.
- [5] 李保成. 基于多种通信方式的海洋资料浮标数据接收系统研究及数据分析[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.  
Li Baocheng. Design of data buoy receiving system based on various communication technology and data analysis[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2012.
- [6] 刘长华, 冯立强, 贾思洋, 等. 信息技术在海洋观测浮标系统安全保障体系的应用[J]. 科研信息化技术与应用, 2014, 5(4): 75-81.  
Liu Changhua, Feng Liqiang, Jia Siyang, et al. The application of information technology to security assurance of ocean observation buoy system[J]. e-Science Technology & Application, 2014, 5(4): 75-81.
- [7] 任建明, 陈永华, 刘长华. 中国近海海洋科学观测研究网络[J]. 科研信息化技术与应用, 2011, 2(5): 72-80.  
Ren Jianming, Chen Yonghua, Liu Changhua. China offshore marine observation and research network[J]. e-Science Technology & Application, 2011, 2(5): 72-80.
- [8] 成方林, 张翼飞, 刘佳佳. 基于“北斗”卫星导航系统的长报文通信协议[J]. 海洋技术, 2008, 27(1): 26-28, 31.  
Cheng Fanglin, Zhang Yifei, Liu Jiajia. Long message communication protocol based on the “Beidou” satellite navigation system[J]. Ocean Technology, 2008, 27(1): 26-28, 31.
- [9] 李文庆, 付晓, 王文彦, 等. 北斗二代卫星导航系统在海洋资料浮标监控与管理中的应用[J]. 山东科学, 2012, 25(6): 21-26.  
Li Wenqing, Fu Xiao, Wang Wenyan, et al. Application of Beidou 2nd generation satellite navigation system in marine data buoy supervision and management[J]. Shandong Science, 2012, 25(6): 21-26.
- [10] 王晨辉, 孟庆佳. 基于 PIC32 和 ZigBee 的地质灾害监测系统设计[J]. 电子技术应用, 2014, 43(2): 68-70.  
Wang Chenhui, Meng Qingjia. Design of geological disaster monitoring system based on PIC32 and ZigBee[J]. Application of Electronic Technique, 2014, 43(2): 68-70.

# A multi-communication system used for an integrated marine observation buoy

WANG Chun-xiao, WANG Xu, LIU Chang-hua, JIA Si-yang

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

**Received:** Mar. 14, 2019

**Key words:** multi-communication; observation buoy; wireless real-time transmission

**Abstract:** To optimize the communication system of an integrated marine observation buoy, a multi-communication system was designed. The system integrates various communication modules and detects the communication signal in each data transmission cycle. The optimal communication mode will be selected by comparing the signals. The proposed system has the advantages of obtaining complete data and having low data redundancy and low power consumption, which enhance the communication capability of buoys and improve the function of the original communication system. The proposed system can also extend important functions, such as environmental monitoring of buoy cabin and independent positioning that can improve the safety of the buoy. A 12-month offshore test indicated that the system ran stably and its function lived up to expectations, which met the requirements for the optimal management of multiple communication modes for the integrated marine observation buoy.

(本文编辑: 刘珊珊)