

水下通信中的异常声压监控网络系统设计

段新华

(河南濮阳职业技术学院 数学与信息工程系, 河南 濮阳 457000)

摘要: 传统水下通信声压异常监控网络存在无法自主完成节点的投放和回收, 存储监控盲区并且无法进行动态组网, 不能对异常声压进行准确的监控等较大的缺陷; 为此, 设计并实现了一种新的水下异常声压监控系统, 系统中的通信协议基于节点间的深度信息完成数据的转发, 给出了系统中监控器、CC2430 处理器、终端节点以及协调器节点的硬件设计原理并给出了系统采集数据的软件流程; 系统中实现了对链路层的 AODV 路由协议进行改进, 增强系统对异常声压的监控性能; 测试结果表明, 该系统获取的声压监测星座图明显优于传统系统, 在不同的干扰类型下, 发射信号使用 PSK 调制, 载波中心频率是 10 kHz, 采样率是 50 kHz, 码率是 2 000 bit/s; 实验结果表明: 该系统具有较低异常声压信号监控误差率, 可对异常声压信道的传输特性进行较好的校正和补偿, 具有较强稳定性。

关键词: 水下通信; 异常声压; 监控网络; 能量均衡; 路由协议

Design of Abnormal Sound Pressure Monitoring Network in Underwater Communication System

Duan Xinhua

(Department of Mathematics and Information Engineering, Puyang Vocational and Technical College, Puyang 457000, China)

Abstract: Traditional underwater communication abnormal sound pressure monitoring network is unable to independently completed node resources and recycling, store the monitoring blind area and the ability for dynamic network, cannot be accurately for abnormal sound pressure monitoring such as larger defects. Therefore, designs and realizes a new kind of underwater abnormal sound pressure monitoring system, communication protocol based on the depth of information between nodes in the system, the complete data forwarding, gives the system monitor, CC2430 processor, terminal node, and the coordinator node hardware design principle, system data software flow is given. Link layer system realized with improved AODV routing protocol, and enhance the system monitoring performance of abnormal pressure. Test results indicate that the acoustic pressure monitoring constellation diagram of the system is obviously better than the traditional system, under the interference of different types, the emission signal using PSK modulation, carrier center frequency is 10 kHz, sampling rate is 50 kHz, bit rate is 2000 bit/s. Experimental results show that this system has a low error rate, abnormal sound pressure signal monitoring for abnormal sound pressure channel transmission characteristics can be better calibration and compensation, has strong stability.

Key words: underwater communication; abnormal pressure; monitoring network; energy equilibrium; routing protocol

0 引言

随着人类对海洋活动逐渐增加, 对海洋资源的使用度逐渐增高, 水声通信不断应用在商业和民用领域, 如对海上石油天然气钻井平台的维修、水下资源勘探、海洋气候的监测以及海上科学考察等。随着陆地以及空间通信的不断发展, 水下通信领域也逐渐发展, 不同成熟的技术应用到水下^[1-2]。早期应用于水声通信的技术大都是模拟调制技术, 然而水声信号衰落产生的信号畸变, 导致水声模拟调制的通信系统性能降低。水下声道中存在随机时变的多路径传播, 声波的频带宽度有限, 经过水中的传输到达接收机处的声波功率会发生严重的衰减, 因而导致水声通信声压信号传输效率降低。在干扰环境下寻求合理的方法, 确保水下通信信息传输速率最大化, 成为学者分析的热点问题^[3-4]。传统水下通信异常声压监控网络存在无法自主完成节点的投放和回收, 存储监控盲区并且无法进行动态组网, 不能对异常声压进行准确地监控, 存在较大的缺陷^[5-6]。

1 系统结构设计原理

为了克服传统监控系统存在的缺陷, 本文在水下通信异常声压监控过程中, 结合声压信号的实时变化, 设计了新一代的水下声压监控系统, 系统结构如图 1 所示。

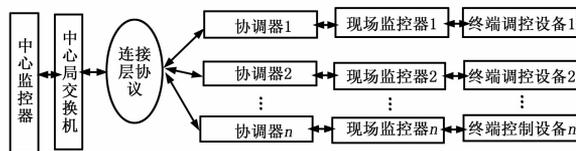


图 1 系统结构图

水下异常声压监控网络系统包括中心监控器、中心局交换机、多个协调器、多个现场监控器以及不同的终端控制设备, 通过网络链路层协议完成数据的传输和分析。系统中的监控软件采用当前无线网络信息网, 通过改进的 AODV 链路层协议同远程终端控制设备实现远程连接, 完成远程的信息采集和现场设备的调控。不同的现场监控器能够收集水下通信中不同声压信号以及不同监控设备的运行状态, 并将获取的数据进行转换保存到临时的协调器中, 转换成上位计算机能够辨识的格式。总体监控网络系统中, 每个同现场设备连接的 RTU 包

收稿日期: 2013-08-21; 修回日期: 2013-10-20。

作者简介: 段新华(1980-), 女, 河南省濮阳市人, 硕士研究生, 讲师, 主要从事高性能计算、计算机网络方向的研究。

含唯一的地址识别号，中央监控基站中的监控软件采用拨号与不同 RTU 连接，最终构建分布式的监控网络。

2 通信网络系统的硬件实现

2.1 现场监控器设计

现场监控器设计原理结构如图 2 所示。其是一个单片机控制系统，由 DC-DC 电源模块、调制解调器、串行接口电路 (RS232/RS485)、通用采集器、控制量接口电路和单片机等构成。采用收集器得到水下同环境中的不同参量，RS232 接口电路可得到整流电源控制模块中的不同电源参量，单片机按照获取的不同参量分析异常声压信号，如果存在异常声压信号，则单片机调控分段语音以及电源参量采用调制解调器传输到报警终端以及监控基站。

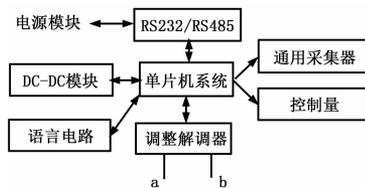


图 2 现场控制器组成原理图

2.2 终端节点的硬件设计

终端节点是异常声压监控系统关键部分，其能够确保不同节点同其父节点路由器节点间的有效通信，终端设备中包含传感模块，能够采集水下同信号环境中的各个参数。终端节点的父节点是路由器节点，能够构成一个独立的无线通信系统，在该系统中的终端节点硬件由 CC2430 芯片、无线收发模块、开关量模块、路由器无线节点模块、LCD 显示模块、A/D 转换部分、传感器模块以及报警电路模块构成。终端节点的目标是实现终端数据收集和发送信息到路由器节点，无线监控网络系统中不同终端节点间无法进行通信。二者间应采用路由器节点传递相关的信息，终端节点将数据传输到路由器的过程中，通过路由器节点进行路由转换和传递信息。并且不同终端设备若将信息传输到其它终端设备，则需要发起相关的路由申请，并且该申请需要通过该终端设备的父节点实现，终端节点的硬件结构如图 3 所示。

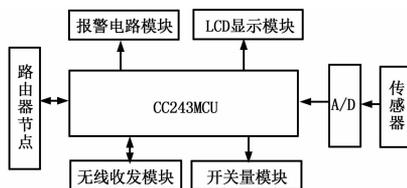


图 3 终端节点的硬件结构图

2.3 协调器节点的硬件设计

无线网络协调器节点是总体异常声压监控系统的核心，其用于监控系统的通信、信息的传递和调控。其采用 RS485 同计算机相连，无线监控网络系统的通信需要采用监控主机以及协调器实现数据的交换。网络协调器节点的硬件结构包括 CC2430 芯片、无线收发模块、液晶 LCD 显示模块、报警电路以及辅助性能电路模块、系统设备自动调节模块。网络协调器节点用于采集不同路由器节点传输的信息，并将信息传输到监控主机中，同时将监控主机传递的数据信息传递到不同的路由

器节点中。报警电路用于监测总体系统网络存储错误时传递出的报警信号。监控网络协调器节点的硬件结构，如图 4 所示。

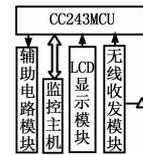


图 4 系统的协调器节点硬件结构图

3 软件设计

3.1 信息采集软件设计

异常声压监控网络系统的主要任务是融入该无线网络，并且采集来自水下监控路由器节点的信息。如果终端节点通电，则发送 JOIN 数据包，等待路由器节点的确认后融入网络。无线网络状态下终端节点需要接受协调器节点传递的 BROADCAST 广播包。若终端节点采集到的协调器节点操作数据包中仅有协调器节点传递的 JOIN 确认包，则反馈 JOIN 时，为终端节点配置唯一的网络 ID，同时开启对环境不同参数的收集和监控性能。信息采集监控流程图如图 5 所示。

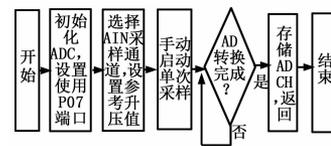


图 5 水下异常声压信息采集监控流程图

3.2 基于能量均衡水下路由协议

由于水下通信存在传播损失以及多途干扰，使得水声信道的的误码率达到 $10^{-2} \sim 10^{-5}$ 。为了修正声压信号传输时出现的比特位错误，降低重发率和误码率，本文提出一种基于能量均衡水下路由协议，将 AODV 协议当成中间路由协议，对 PHENOM 协议中现象包进行转发，并确保信道能量的均衡性。

改进 AODV 路由协议，无线监控网络具有短距离、多跳等特征，将 AODV 协议当成中间路由协议，对 PHENOM 协议中现象包进行转发，并确保信道能量的均衡性。AODV 是一种按需路由协议，按照水下通信的业务需求构建和维护路由。对该协议进行相应的完善，基于传感器的节能方案，由于能源的不可更新性，需要确保通信能量的均衡型，依据水下通信监控网络中的通信距离能够获取 AODV 路由协议中的通信模型是：

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_r^2}{d^4} \quad (1)$$

式中， d 为发送者同接收者间的距离， $P_r(d)$ 为发送者同接收者间的距离是 d 时接收信号能量， P_t 为发送信号的能量； G_t 为发送天线增益， G_r 为接收天线增益， h_t 为发送天线和地面的高度， h_r 为接收天线同地面的高度。

通过式 (1) 描述的基于能量均衡的水下路由协议，能够确保水下通信信道的能量均衡，并且及时修正异常声压信号传输量产生的比特位错误，降低重发率以及误码率，增强系统对异常声压的监控性能。

4 实验分析

为了验证本文系统的有效性，进行了实验室波导实验，设置上层是水层，下层是沙层，声源处于靠近水面处，接收阵由间隔是 0.04 m 的 32 元传感器构成，声源通接收阵间的距离是 8 m。为了确保水下通信环境复杂性，实验将传感器组成的平

面处于水下。发射信号使用 PSK 调制，载波中心频率是 10 kHz，采样率是 50 kHz，码率是 2 000 bit/s。发射信道通过信道传递后出现严重的畸变和失真问题，该种失真接收信号的星座图如图 6 (a) 所示，分析图 6 (a) 可得，该种水下通信环境下的接收声压信号严重混合，具有较高的误码率。

为了测试系统的监控能力与网络通信能力。分别采用传统系统以及本文系统对该种失真声压信号进行均衡处理，获取的声压异常信号星座图分别如图 6 (b) 和图 6 (c) 所示，对比分析图 6 (b)、6 (c) 能够清晰地看出本文系统获取的声压监测星座图明显优于传统系统，采用本文系统获取的声压异常信号星座图的眼图张开幅度明显大于传统系统，说明本文系统对声压异常信号的监控性能优于传统系统。

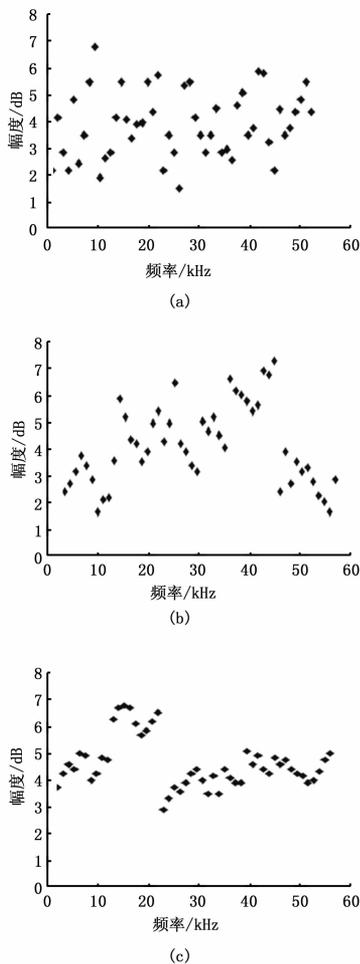


图 6 获取声压异常信号星座图对比

(上接第 1811 页)

参考文献:

[1] 程明, 梁文娟. 机场安检人员工作压力源及影响因素研究 [J]. 中国安全生产科学技术, 2011, 7 (1): 63-67.
 [2] 林凯宏, 游林儒, 阳如坤. 基于有限状态机的专用盖章机设计与实现 [J]. 机械设计与制造, 2010, (6): 18-19.
 [3] 刘念聪, 王银芝, 孙末. 新型智能钢印机的设计及实现 [J]. 机电产品开发与创新, 2002, 19 (6): 21-24.
 [4] 周沈超, 沈琪, 冯涌. 国内民用机场安检综合信息管理系统设计概述 [J]. 自动化博览, 2010, (5): 96-97, 100-104.
 [5] 李翠敏, 高有行. 步进电机细分驱动在喷膜机中的应用 [J]. 计算

表 1 描述了在 3 种不同水下通信声压信号调制情况下本文系统以及传统系统的通信误码率。

表 1 误码率分析

干扰类型	误码率	
	传统系统	本文系统
轻微干扰	0.28	0
中度干扰	0.35	0.18
重度干扰	0.48	0.27

分析表 1 可得，在不同的干扰类型下，本文系统监控声压信号的误码率低于传统系统。在水下通信环境中存在轻微干扰下，传统系统仍具有较高的误码率，而本文系统的误码率是 0。随着干扰程度的增加，传统系统的监控声压信号的误码率逐渐增加，说明传统系统随着水下通信干扰信号的增加，对声压信道传输性能的校正和补偿能力随之降低，而本文系统对声压信道的传输特性可进行较好的校正和补偿，充分地验证了本文系统的可靠性，具有较高的应用价值。

5 结论

本文提出了一种基于能量均衡水下路由协议的异常声压监控网络系统，该协议基于节点间的深度信息完成数据的转发，分析了现场监控器、CC2430 处理器、终端节点以及协调器节点的硬件结构，分析了系统采集数据的流程图，对链路层的 AODV 路由协议进行改进，修正声压信号传输时出现的比特位错误，降低重发率和误码率，增强系统对异常声压的监控性能。实验结果说明，该种系统获取的声压监测星座图明显优于传统系统，在不同的干扰类型下，该种系统具有较低异常声压信号监控误差率，可对异常声压信道的传输特性可进行较好的校正和补偿，具有较强的稳定性。

参考文献:

[1] 宗思光, 王江安, 马明奎. 水下目标探测的激光声特性 [J]. 中国激光, 2010, 37 (5): 1332-1337.
 [2] 雷昌有, 蒋英. 北斗卫星通信在水情自动测报系统中的研究与应用 [J]. 水利水电快报, 2005, (21): 26-28.
 [3] 林瑞仲. 面向目标跟踪的无线传感器网络研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
 [4] 孙炜. 分布式计算机网络结构分析与优化 [J]. 科技通报, 2013, 6: 113-115.
 [5] 陈一天, 余爱民. 802.11b 无线局域网抵御辐射干扰能力的分析 [J]. 计算机工程与设计, 2005, 26 (6).
 [6] 宗思光, 王江安. 空中对水下平台激光声通信技术的探讨 [J]. 光电与控制, 2009, 16 (10): 75-79.

机测量与控制, 2003, 11 (8): 618-620.
 [6] 贾原, 周爱平, 王得胜. 齿轮变速装置的优化设计 [J]. 焦作工学院学报, 2001, 20 (3): 229-232.
 [7] 杨韧. COLO RM AN 印刷机的供墨系统及其相关故障分析 [J]. 广东印刷, 2006, (4): 54-56.
 [8] 李鹏, 张帆. 条码技术在民航机场离港系统中的应用 [J]. 科技传播, 2010, (21): 197-198.
 [9] 王欣明, 薛志兵. 第二代居民身份证在民航旅客出行中的应用研究 [A]. Proceedings of 2010 International Conference on Services Science, Management and Engineering [C]. 2010: 226-228.