

双网组合下的水声通信网络节点的设计与实现

郝 潇, 王晓峰

(山西大学工程学院 电子信息系, 太原 030013)

摘要: 针对水下通信平台之间通信网络在可靠性、快捷性等方面的不足, 提出将水下成熟的通信网络与自组织网络相结合, 在特定的区域部署通信网络节点系统对信息进行转发, 从而提升了水下通信网络的稳定性与灵活性; 研究并设计了水下通信网络节点的系统架构、硬件系统、软件系统; 在户外水域相隔 10 m 的距离分别放置通信节点系统到水下 3m 的位置, 在 Matlab7.0 平台上完成对水下通信网络节点信号进行测试, 在 PC 机上应用串口调试助手软件按照初始化的参数: 8 位数据位、1 位停止位、无奇偶校验码、波特率 115 200 b/s, 测试结果表明: 文章系统采样准确, 误差低, 满足实际需要。

关键词: 水声通信; DSP; 网络节点

Application of Underwater Acoustic Communication Nodes in Network and Efficient Communications Platform

Hao Xiao, Wang Xiaofeng

(Engineering College of Shanxi University Department of Electronic Information Engineering, Taiyuan 030013, China)

Abstract: For lack of communication between underwater communications platform network reliability, speed and other aspects of proposed underwater sophisticated communications network with a combination of self-organizing networks, in particular the regional deployment of information communication network node system forwards, thus enhance the stability and flexibility of underwater communication network. Research and design of underwater communication network node system architecture, hardware systems, software systems. The distance of 10 meters apart in outdoor water respectively placed to 3 meters underwater communications node system, completed on Matlab7.0 platform for signal testing, underwater communication network node in the application of PC serial debugging assistant software according to the initialization parameters; one in the eight data bits, stop bits, no parity checking code, 115 200 b/s baud rate, the test results show that the system sampling accurately in this paper, low error, meet the actual needs.

Keywords: underwater acoustic communication; DSP; network node

0 引言

水下通信平台之间高效快捷的通信对于水下信息传递交互有着重要影响, 鉴于电磁波在水中有严重的衰减, 所以水下通信不能应用水上通信的电磁波传递方式, 只能利用水声信道, 传统的相对简单的水声通信网络节点无法满足现代通信网络大信息量、高速率、持续稳定的需求, 因此, 通过研究实现水下高速水声通信节点对水下通信网络进行连接就具有重要的实用价值^[1]。设计研究的新型水声通信网络节点是一种成本较低、可快速灵活部署的水下信息转发系统, 可以通过水面通信节点的天线与水上通信网络链接, 实现全集成、大立体的通信网络格局。

1 系统总体结构

水下无线通信网络系统根据水声通信的特点, 采用星型分布式网络拓扑结构, 由多个通信节点、水下通信平台(潜艇、固定主节点等)、水上船只与通信指挥中心组成。通信节点主要实现水下传感器的数据收集、接口设备的信息传递、信息传输与转发等功能; 水下通信平台负责数据信息的汇集与处理,

以及任务命令的下达和数据反馈等, 是各个通信节点之间的桥梁。水下通信平台和各通信节点之间的通信是通过水声换能器实现, 终端设备直接受控于通信控制系统平台, 频域上相邻点的间隔必须大于信道的相干带宽, 因此, 系统采用 FSK 调制方式。

2 水声通信节点的硬件实现

2.1 总体设计

水下通信平台通信网络节点系统硬件电路如图 1 所示, 由以下几部分电路组成: (1) 矢量水听器: 完成声电转换的功能, 其输出为声压 ($\pm P$) 和质点振速的两个水平正交分量 ($\pm V_x, \pm V_y$); (2) 发射换能器: 完成电声转换的功能; (3) 电源: 控制电路的持续供电模型, 采用电池组, 并可通过太阳能进行充电; (4) 信号处理模块: 采用高速 DSP 的数字信号处理平台, 完成通信信号的同步、调制以及解调工作; (5) 存储模块: 存储记录信号数据; (6) 发射换能器: 对传输信号进行功率放大, 从而进行远程通信。

2.2 纤毛式 MEMS 矢量水声传感器

矢量水听器是水下通信节点接收、发送数据的终端传感器, 当有水声信号作用于传感器的聚氨脂橡胶帽时, 它会通过蓖麻油粘液把相应的水声信号传递给刚硬塑料柱体, 也就是可动纤毛, 可动纤毛与介质产生共振, 从而将水声信号传递给压敏电阻原件, 使之阻值产生变化^[2]。通过导线测传递以及电路

收稿日期: 2014-04-20; 修回日期: 2014-05-21。

作者简介: 郝 潇(1980-), 女, 山西省太原市人, 硕士, 讲师, 主要从事通信技术方向的研究。

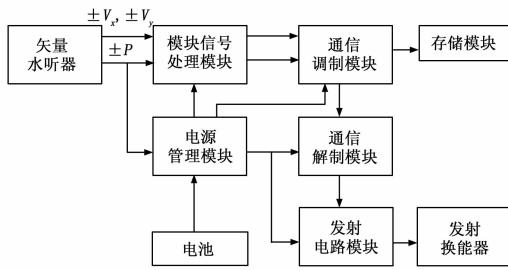


图 1 水下通信节点系统硬件电路

信号的放大转换电路，就可以实现水声信号的发送与探测接收。

2.3 基于 TMS320C6455 的 DSP 平台

整个水声信号处理平台的 DSP 芯片及其外围设备由 TMS320C6455 微控制芯片、两个 DDR2、SDRAM 以及 Flash 组成。TMS320C6455 是数字信号处理的核心，它是 DSP 控制电路的系统运行，要对接收、发送的水声信号进行数字信号处理。TMS320C6455 的主频为 1.2 GHz，还有丰富的外围设备和资源^[3]。DSP 数字信号处理平台拥有高速运算的能力，同时集成了高速串行接口 SRIO，从而可以满足水声通信网络对于传输速度的要求，可实现数字信号处理平台与可编程逻辑电路之间的数据传输。

2.4 水声信号的模数转换电路

在水下远程通信时，由于低频信号在水下相对衰减较小，所以通常使用低频信号输出的发射换能器。A/D 转换是将接收水声模拟信号输入量转换为数字值的过程，A/D 转换电路是整个数据采集部分的关键部件^[4-5]。根据系统性能指标以及系统信号特征，选用 10 位 A/D 转换芯片 TLC1543 进行处理，其模拟输入电压为 0~+5 V 对应数字值 0~1 024。其电路如图 2 所示，其中引脚 A0 为采集的模拟信号 AD-IN 的输入端，REF+ 和 REF- 为基准电压正负端，CS (15 脚) 为片选端，在 CS 端的一个下降沿变化将复位内部计数器并控制和使能 ADDRESS、I/OCLOCK (18 脚) 和 DATA OUT (16 脚) 分别接入 TMS320C6455 的相应 I/O 口。ADDRESS (17 脚) 为串行数据输入端，是一个 4 位的串行地址用来选择下一个即将被转换的模拟输入或测试电压。

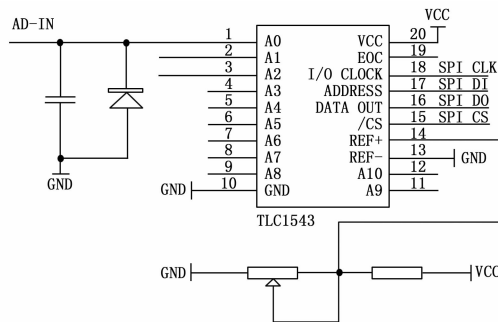


图 2 基于 TLC1543 芯片的 A/D 转换电路

2.5 水声数据信号与载波的频率合成电路

水下通信数据需要与载波进行频率合成，为了实现高精度的多载波实时水声通信，采用以高速集成的 DDS 芯片 AD9831 为核心的频率合成电路。为了提高水声通信合成信号的频率转

换速度以及准确度，将数字频率采取直接合成的方式，从而可以产生自由设定频率的正弦波，同时控制正弦波的初始相位。

AD9831 的引脚 REFOUT 连接一个 10 nF 的退耦电容至 AGND，该引脚然后和引脚 REFIN 连接，此时 REFIN 引脚有一个内部的 1.21 V 的参考电压输入。引脚 FSADJUST 接一个阻值 3.9 k 的电阻到 AGND，由此得出输出端电流为 $I_{out} = \frac{12.5 \times 1.21 V}{3.9 k} = 3.878 \text{ mA}$ 。在输出端连接一个 20 K 的电阻，可将输出电流转换为电压，其输出的合成水声信号为一个幅值为 5 V 的正弦波。

输出的正弦波周期为：

$$T_o = \frac{T_c 2^N}{M} \quad (1)$$

频率为：

$$f_{out} = \frac{f_c \times M}{2^N} \quad (2)$$

频率控制字与输出信号频率和参考时钟频率之间的关系为：

$$M = \frac{f_{out} \times 2^N}{f_c}, 0 \leq M \leq 2^N - 1 \quad (3)$$

其中：N 是相位累加器的字长。

2.6 水声通信信号滤波电路设计

当水下通信节点接收到其他节点发送的水声信号后，为了获取需要的的水声信号，需要在 DDS 输出端加一个低通滤波器来实现，滤除杂波，将所需信号分离出来。如图 3 所示低通滤波电路图，该滤波电路为一个二阶的有源带通滤波器，中心频率设置为 10 kHz，通带频率设置为 200 Hz，阻带频率设置为 1 kHz，接在 AD9831 的输出端，从而可以得到所需的频段的水声通信信号。

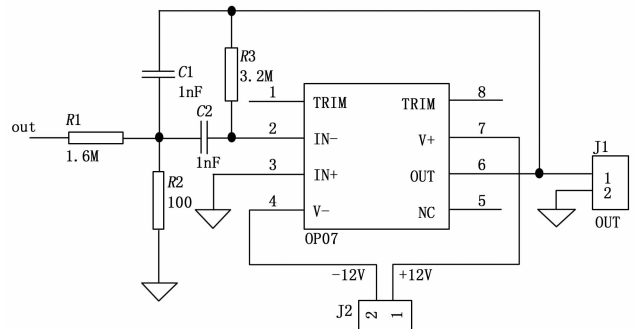


图 3 低通滤波电路电路图

3 软件设计

3.1 水下通信网络的通信协议

根据水声通信的特点与需求，需要设计水下通信网络的特定通信协议，从而保证水下通信的保密性、可靠性，通信协议分为发送数据通信协议与接收数据通信协议。

(1) 发送数据的通信协议如图 4 所示。

命令头	节点编号	数据内容	命令尾
-----	------	------	-----

图 4 发送数据的通信协议

命令头：用“*”的 ASCII 码表示数据封装的开始。

节点编号：用 0~99 表示命令是要控制第几个通信节点。

数据内容: 通信节点需要执行的动作类型编号, 从而调取存储的不同的控制操作指令代码。

命令尾: 用“#”的 ASCII 码表示数据发送结束, 系统从而进入待机状态。

(2) 接收数据的通信协议如图 5 所示。

命令头	节点编号	数据类型	数据内容	命令尾
-----	------	------	------	-----

图 5 接收数据的通信协议

命令头: 用“*”的 ASCII 码表示数据封装的开始。
 节点编号: 当前回送的数据来自水下通信分节点编号。
 数据类型: 表示所传输的数据代表的含义。
 数据内容: 具体传输的数据、代码、指令、内容。
 命令尾: 用“#”的 ASCII 码表示数据发送结束, 系统从而进入待机状态。

3.2 软件工作流程

通信节点系统软件工作流程如图 6 所示, 上电后系统先初始化后, 然后系统进入待机状态, 等待接收其它通信节点发送的数据信号, 系统一旦接收到信号, 随机退出待机状态, 调用发送程序, 按照命令将数据转发到指定的水下通信平台。水下通信节点系统在收到数据信息后, MCU 首先将接收到的信息进行存储, 当接收到命令尾标志后, 表示数据接收完毕, 在经过数字信号处理模块处理后之后最后通过矢量换能器将信号转发出去, 同时系统再次进入待机状态。

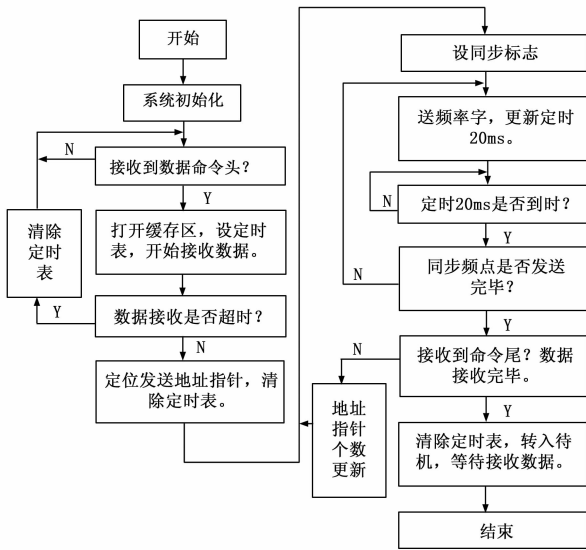


图 6 软件工作流程

4 实验与调试

通过实验对系统性能进行调试与测试, 在户外水域在相隔 10 m 的距离分别放置通信节点系统到水下 3 m 的位置, 并通过串口通信线缆连接到 PC 上, 打通数据流, 实现数据的采集、频率合成、接收发送数据等测试。

在 PC 机上应用串口调试助手软件按照初始化的参数: 8 位数据位、1 位停止位、无奇偶校验码、波特率 115 200b/s, 进行通信测试, 发送的数据为“* L013600 #”, 通信节点的

另一端 PC 收到的 16 进制数据为“2A 4C 30 31 33 36 30 30 23”, 转为 ASCII 码则为“* L013600 #”, 这表明两个水下通信节点收发数据正常, 数据接收准确。

把采集到的 18 bit 宽的测试数据进行存储, 根据测试数据, 输入端接幅度 1 V, 率为 200 Hz 的正弦信号, 通过 CCS 软件生成波形并显示, 如图 7 是根据所采数据绘制出来的波形图, 波形并没有失真, 说明通信节点传输的数据准确率较高。

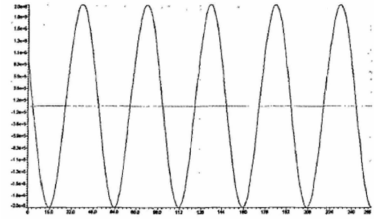


图 7 根据接收数据绘制的波形图

将采样的正弦波信号以 wav 格存储为声音文件。使用 Adobe Audition 软件打开存储的声音文件, 可以看到 200 Hz 的中心频率上有一条亮线 (如图 8 所示), 代表采样数据的中心频率, 即中心频率为 200 Hz。

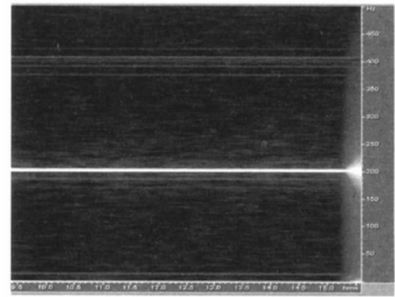


图 8 测试接收信号的频率曲线图

5 结语

本文通过水下通信网络节点的硬件与软件设计研究, 实现了水下通信平台之间的远程高速通信。水下数据通信的性能是决定水下通信平台能否发挥最大工作能力的关键因素, 要实现水下通信网络远程、高速的信息传递, 就需要通过水下通信节点系统进行串联中继。通信节点作为数据信息中转站, 采取灵活部署的方式, 将水下通信平台的通信网络串联起来, 并最终将覆盖区域中所获取的信息纳入岸上的常规网络。

参考文献:

- [1] 蔡惠致, 刘云涛, 蔡 慧. 水声通信及其研究进展 [J]. 声纳技术及其应用, 2006, (12): 456-459.
- [2] 李淑秋, 李启虎, 张春华. 水下声学传感网络的发展和应 [J]. 声纳技术及其应用, 2006, 35 (11): 57-58.
- [3] 黄克武, 吴海洲. 基于 TMS320C6455 的高速 SRIO 接口设计 [J]. 电子测量技术, 2008, (9): 643-645.
- [4] 陈斯平. 基于嵌入式系统的协议栈的研究与设计 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2006.
- [5] 胡 悦, 王伟民. 物联网无线传感器能耗优化 SIFT 算法的研究 [J]. 科技通报, 2013, 29 (9): 98-101.