

[引用格式] 郑思远,李斌,曹秀岭,等.跨介质水声网络试验平台设计与试验[J].水下无人系统学报,2018,26(6):618-622.

跨介质水声网络试验平台设计与试验

郑思远, 李斌, 曹秀岭, 陈友淦, 童峰

(厦门大学 水声通信与海洋信息技术教育部重点试验室, 福建 厦门, 361005)

摘要: 由于进行真实的水下网络系统试验较为困难,近年来提出的众多专门针对水声网络的媒体接入控制(MAC)协议和路由协议大多只有仿真结果。为了便于在真实的水下环境中对通信性能、网络协议等研究进行评估分析,以海洋环境立体监测中网络化环境参数获取作为应用背景,设计并构建了一个跨介质水声网络试验平台,实现了水下网络和岸上控制中心的连接,介绍了水声网络平台技术方案及软硬件实现,并进行了试验平台的湖试试验,试验结果表明了该平台进行跨介质水声网络性能评估、测试的有效性。

关键词: 水声网络; 试验平台; 跨介质; 媒体接入控制协议; 路由协议

中图分类号: TN929.3; TP393

文献标识码: A

文章编号: 2096-3920(2018)06-0618-05

DOI: 10.11993/j.issn.2096-3920.2018.06.017

Design and Test of a Cross-Media Underwater Acoustic Network Test Platform

ZHENG Si-yuan, LI Bin, CAO Xiu-ling, CHEN You-gan, TONG Feng

(Key Laboratory of Underwater Acoustic Communication and Marine Information Technology of Minister of Education, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: In view of the fact that many medium access control(MAC) protocols and routing protocols for underwater acoustic networks have been endowed with only simulation results due to the difficulty of real underwater network system test, a cross-media underwater acoustic network test platform is designed and constructed in order to evaluate and analyze the performances of underwater communication and network protocol in actual underwater environment. The design of this platform considers the application background of networked environment parameters acquisition in marine environment stereoscopic monitoring, and realizes the connection between underwater acoustic network and shore control center. The software and hardware implementation of the platform are introduced. Lake test result shows that the platform is effective in evaluating the performance of underwater acoustic network.

Keywords: underwater acoustic network; test platform; cross-media; medium access control(MAC) protocols; routing protocols

0 引言

地球表面大约 70% 的面积为海洋所覆盖,有效地开发海洋资源具有很高的经济和战略意义。水声网络可用于海洋资源勘探、水污染监测、海

洋数据收集、海洋地震监测、海冰监测和海洋军事等,具有高精度、实时、持续的特点,引起了普遍的关注^[1-3]。

由于电磁波在水中传播时衰减严重,无法长距离传播,因此水下通信一般采用声通信。但是

收稿日期: 2018-11-07; 修回日期: 2018-12-03.

基金项目: 国家自然科学基金项目资助(11574258).

作者简介: 郑思远(1992-),男,在读博士,主要研究方向为水声网络.

水声通信具有误码率高、传播时延长、带宽低等特点,导致基于传统陆地的网络协议对于水下网络不适用或效率低下,因此水声网络需要研究新的通信协议。而建立真实的水下网络系统并展开试验存在较大的困难,因此目前大部分水声网络研究是基于理论分析和仿真试验的,然而,动态的水下环境和复杂的通信系统并不能简单地通过仿真系统模拟反映,需要建立一个真实的水声网络来进行试验。同时,水下传感器网络的发展迫切需要建立水下信息节点与船载、机载或岸基控制站双向通信链路。

2012年,由美国康涅狄格大学、华盛顿大学、加州大学洛杉矶分校及德州农工大学联合承担开发的 Ocean-TUNE(ocean testbed for underwater wireless networks)^[4]项目,就是为了提供一个水下无线网络的试验平台,以促进水下网络与通信技术的发展。

目前报道最多、试验水平最高的水声通信网络是美国的海网(Seaweb)^[5]。自1998年开始,Seaweb 经过多年的试验,研发了4代无线/水声通信网关浮标系统,用于将水下传感网络通过无线通信方式与其他网络互联互通,在远海观测网、港口近岸的水下侦察网络等应用中展示了良好的应用效果和技术先进性。

国内在水声通信网络技术方面总体处于紧密跟踪阶段,进行了网络体系结构、组网协议和组网试验等工作。中国船舶重工集团715所2015年6月在东海进行了海上试验^[6],在水面和水下分别布放4个和6个节点进行通信试验来验证节点所使用的物理层、媒体接入控制层和网络层协议的性能。

海洋环境监测网络^[7]一般结合了岸站监测中心、卫星遥感和海洋浮标等监测手段于一体,将各种传感器、浮标等无线监测节点部署在实际检测海域,各个节点负责获取所在区域各种海洋环境参数信息,包括盐度、温度、浊度、海流、深度及叶绿素等^[8],然后按照约定的通信协议逐点上报到汇聚节点^[9]。文中以这类网络负载较低的海洋环境立体化监测中网络化环境参数获取作为应用背景,设计并构建了一个跨介质水声网络试验平台。基于该试验平台进行了一系列试验,并给出了网络的湖试试验结果和分析。

1 网络设计

构建的跨介质水声网络试验平台主要由普通节点,汇聚节点(网关)以及岸基控制节点组成,如图1所示。

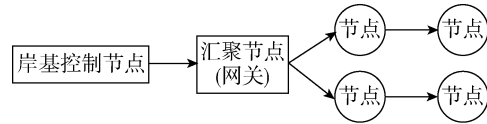


图1 水声网络组成与节点类型

Fig. 1 Composition and node types of underwater acoustic network

普通节点负责收集和存储水下信息,并将其通过水声信道发送给汇聚节点。同时,普通节点也可用于中继其他节点的数据或指令。

汇聚节点(网关)是指把水下通信网络与常规通信网络相连的中转枢纽节点。它设置于浮标,其中水下部分是声学调制解调器,水面部分是无线电调制解调器,实现水声-无线跨介质转换节点的功能。

岸基控制节点通过无线通信接收水声网络各项试验数据,可进行不同技术方案下通信性能、网络协议的性能评估与分析。

1.1 节点硬件设计

水声网络的水声通信物理层采用厦门大学水声通信与海洋信息技术教育部重点实验室开发的 AMLink 水声调制解调器^[10-11],其设计的硬件平台结构如图2所示。

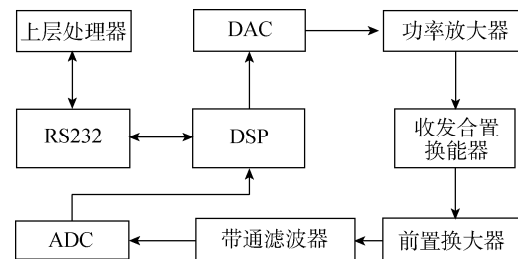


图2 水声网络节点硬件平台结构图

Fig. 2 Structure of physical platform of underwater acoustic network node

节点采用高性能浮点微处理器作为物理层和上层网络协议实现的核心处理器,并可通过串口将接收的数据传给上位机。网络物理层调制方式采用直接序列扩频(direct sequence spread spectrum, DSSS)方式,主要是因其具有很好的抗噪声能力,适用于传输远距离、低比特率信息,有利

于提高监测网络的覆盖范围及通信可靠性,物理层参数如表1所示。

表1 网络物理层参数
Table 1 Parameters of network's physical layer

参数	数值
扩频码长度	63
载波频率/kHz	15.5
切普速率	4 000
数据率/bit·s ⁻¹	63.49
调制方式	DSSS
采样率/kHz	75

水下网络中的所有节点都具有信息的收发功能,可以认为汇聚节点的功能是在普通节点的基础上进行扩展实现的。通过串口连接无线模块或使用延长线缆,可将普通节点变为汇聚节点。

1.2 软件协议设计

以测试避免冲突的多路访问(multiple access with collision avoidance, MACA)协议为例,它在有数据发送需求时需要先发送短包(request to send, RTS)预约信道,收到目的节点的反馈(clear to send, CTS)之后才能进行数据发送。对比于实现简单的ALOHA协议,MACA协议可以避免长数据包的碰撞,解决隐藏终端和暴露终端这一问题。虽然MACA协议因为预约信道机制有较高的延迟,但是考虑到应用背景水声网络负载较低,且对实时性要求不高,因此采用MACA协议。同时考虑到水下信道的不稳定和碰撞导致节点无法正确接收到数据,需要接收到数据包的节点再反馈一个确认包(acknowledgement, ACK),并且采用二进制退避算法来避免重复的冲突。系统预先设置了短包和长包2种类型的数据包。其中短包的发送时间大约为4 s,长包的发送时间约为8 s。

对于路由协议,常见路由协议主要分为先验式路由协议和反应式路由协议。反应式路由在有数据发送时需临时建立路由,并以洪泛的方式临时建立路由,但在洪泛阶段会产生巨大的消耗。以先验式路由为例:系统采用预先存好路由信息的先验式路由,这样可降低系统实现复杂度以及数据传输的延迟。

2 试验结果与分析

依照上述设计,在新安江进行了试验平台的

跨介质水声网络试验。试验水域深度21 m左右,节点间距为50~100 m。跨介质网关节点设置于浮标上,控制中心设置在趸船上。由于网关节点和岸上控制中心使用无线通信,对比于水下通信其误码率和时延都可忽略不计,因此可将其看作1个节点。

试验水声网络共有5个节点,包括1个网关节点和4个普通传感器节点。试验场景拓扑结构如图3所示,图中标号分别是试验中节点所在位置,箭头方向代表着节点传递数据的方向。

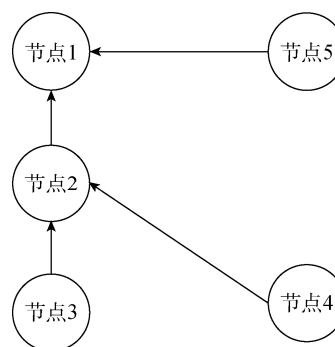


图3 试验节点拓扑图
Fig. 3 Topological graph of test nodes

节点1为网关节点,负责以水声网络收集其余节点传输来的数据并通过无线方式跨介质传输至控制节点以进行性能分析评估;节点2~5为传感器节点,负责产生数据、发送数据和转发其余节点的数据。

由于距离较近,网络中所有水下节点都可以接收到彼此的信号,因此通过路由设置,让节点3和节点4通过节点2向节点1发送数据,节点5可以直接向节点1传递数据。节点1不产生数据,其余节点按泊松分布平均240 s产生1个数据包,每个数据包包含192 bit数据。网络运行时间为2个小时,试验水域声速梯度如图4所示。

图5和图6分别给出了试验平台每个节点成功传输数据包个数、成功接收数据包个数和丢包个数。可以看出,碰撞导致的丢包数量相比成功传递的数据包数量来说还是很少,大多数数据包都能准确传递到网关节点,证明了整个跨介质水声网络工作正常。由于节点3、4、5不负责数据转发,因此其接收数据包的个数为0;而网关节点1只进行数据的收集,不产生数据包,因此其发送数据包个数为0。

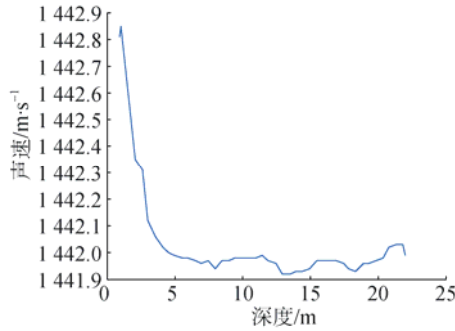


图 4 试验水域声速梯度图

Fig. 4 Gradient map of sound velocity in test water area

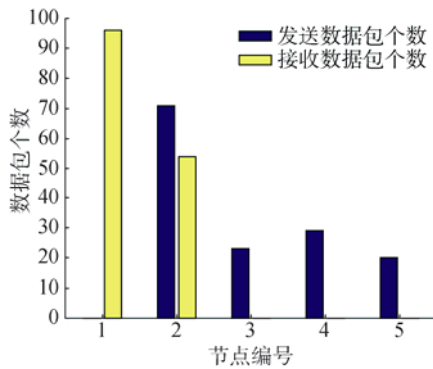


图 5 试验平台各节点数据包吞吐量

Fig. 5 Data packet throughput of each node on test platform

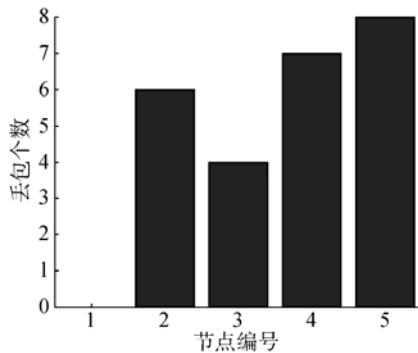


图 6 试验平台各节点丢包数

Fig. 6 Number of packets lost at each node on test platform

定义节点的碰撞率为节点碰撞次数与节点成功传递数据包的比值, 即节点平均每成功传输一个数据包会发生碰撞的次数。定义发送节点开始预约信道即发送 RTS 包开始, 到发送节点接收到 ACK 为止, 这段时间为端到端时延。结合时延图(图 7)和碰撞率图(图 8)可以看出, 节点 2、3、4 的端到端平均时延都差不多, 均为 20 s 左右, 节

点 2 的碰撞率最低, 节点 3、4 则稍高一些。但是节点 5 的碰撞率和延迟都明显高于其余节点。根据现场试验情况分析了导致这种情况的原因: 因为距离限制, 节点之间互相都能接收到彼此信号, 节点 3、4 处于相等的竞争地位, 假如节点 3 成功向节点 2 传递数据包后, 节点 2 将立即开始信道预约, 准备向节点 1 发送数据。由于节点 3 刚刚传递完数据, 有很大概率不会立即进行下一次传输, 并且信道延迟和信道预约有一个保护时间, 节点 2 信道预约的成功概率将大大增加, 而节点 5 如果在这时候准备发送数据将被视为碰撞而放弃此次发送。这也就导致了节点 2 低时延低碰撞率以及节点 5 的高时延和高碰撞率。

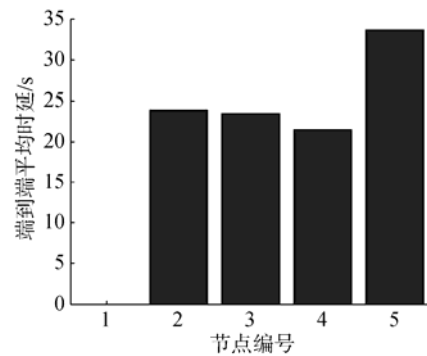


图 7 试验平台各节点时延

Fig. 7 Delay of each node on test platform

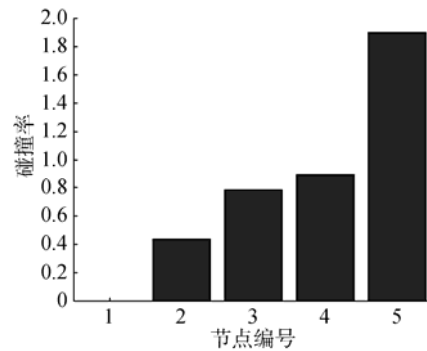


图 8 试验平台各节点碰撞率

Fig. 8 Collision rate of each node on test platform

3 结束语

以一类网络负载较低海洋环境立体监测中网络化环境参数获取作为应用背景, 设计并构建了一个跨介质水声网络试验平台。网络采用了 MACA 协议和简单的固定路由, 对于吞吐量的结

果分析表明了大多数数据包都能被准确地传递到网关节点,因此适用于网络负载较低的海洋环境监测网络等应用背景,湖试结果表明了该试验平台进行跨介质水声网络性能评估、测试的有效性。

但同时注意到,相比于长包(发送时间为8 s),短包(发送时间为4 s)的发送时间过长,这是因为同步头具有一定长度;另一方面,为了确保网络正常运行,保证控制信息能准确传输,短包采用了效率较低但是更为可靠的编码方式。然而,过长的短包也导致了握手过程的消耗更大,大大增加了端到端时延,在今后的工作中,需要对这方面进行改进,减少端到端时延。

参考文献:

- [1] 吴学智, 靳煜, 何如龙. 水声网络及其军事应用研究[J]. 电声技术, 2012, 36(8): 50-53.
Wu Xue-zhi, Jin Yu, He Ru-long. Research on Underwater Acoustic Networks and Military Applications[J]. Audio Engineering, 2012, 36(8): 50-53.
- [2] Reinen T A, Lie A, Knudsen F T. Sensis-Underwater Acoustic Network for Ice-monitoring[C]//Proceedings of the 39th Scandinavian Symposium on Physical Acoustics. Geilo, Norway: The Acoustics and Optics Group of the Norwegian Physical Society, 2016: 1-10.
- [3] 乔钢, 刘淞佐, 刘奇佩. 水声通信网络协议、仿真与试验综述[J]. 水下无人系统学报, 2017, 25(2): 151-160.
Qiao Gang, Liu Song-zuo, Liu Qi-pei. Review of Protocols, Simulation and Experimentation for Underwater Acoustic Communication Network[J]. Journal of Unmanned Undersea Systems, 2017, 25(2): 151-160.
- [4] Peng Z, Wei L, Wang Z, et al. Ocean-TUNE UCONN Testbed: A Technology Incubator for Underwater Communication and Networking[C]//Underwater Communi-
- cations and Networking. Sestri Levante: IEEE, 2015.
- [5] Rice J, Green D. Underwater Acoustic Communications and Networks for the US Navy's Seaweb Program[C]//Second International Conference on Sensor Technologies and Applications. Cap Esterel: IEEE, 2008.
- [6] Zhang H, Xiong S, Yue Z, et al. Sea Trials of an Underwater Acoustic Network in the East China Sea 2015[C]//2016 IEEE/OES China Ocean Acoustics. Harbin: IEEE, 2016.
- [7] Wang Y, Liu Y, Guo Z. Three-dimensional Ocean Sensor Networks: A Survey[J]. Journal of Ocean University of China, 2012, 11(4): 436-450.
- [8] 何世钧, 陈中华, 张雨, 等. 基于物联网的海洋环境监测系统的研究[J]. 传感器与微系统, 2011, 30(3):13-15.
He Shi-jun, Chen Zhong-hua, Zhang Yu, et al. Research on Monitoring System of Marine Environment Based on Internet of Things[J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2011, 30(3): 13-15.
- [9] 刘强, 崔莉, 陈海明. 物联网关键技术与应用[J]. 计算机科学, 2010, 37(6): 1-4.
Liu Qiang, Cui Li, Chen Hai-ming. Key Technologies and Applications of Internet of Things[J]. Computer Science, 2010, 37(6): 1-4.
- [10] Zhou Y, Zeng K, Chen D, et al. Lake Trial of a Multi-Hop Underwater Acoustic Network for Ocean Transect Sampling[C]//Proceedings of the Eighth ACM International Conference on Underwater Networks and Systems, Taiwan: WUWNet, 2013: 20.
- [11] Jiang W, Tong F, Zhou Y. R&D of a Spread Spectrum Acoustic Communication Modem with Ranging Capability[C]//Proceedings of the 11th ACM International Conference on Underwater Networks & Systems, Shanghai: WUWNet, 2016.

(责任编辑: 陈 曦)

相关文章导航

1. 王志刚, 陈韶华, 王维. 分布式基阵联合定位算法仿真分析[J]. 水下无人系统学报, 2018, 26(5).
2. 杨益新, 韩一娜, 赵瑞琴, 等. 海洋声学目标探测技术研究现状和发展趋势[J]. 水下无人系统学报, 2018, 26(5).
3. 乔钢, 刘淞佐, 刘奇佩. 水声通信网络协议、仿真与试验综述[J]. 水下无人系统学报, 2017, 25(3).
4. 聂卫东, 王岚, 马玲. 水下网络中心战环境下鱼雷战术概念研究[J]. 鱼雷技术, 2015, 23(5).
5. 孟宪超, 刘纯武, 刘晔. 基于径向基神经网络的水声微弱信号检测[J]. 鱼雷技术, 2011, 19(5).
6. 涂华东, 冀邦杰, 周德善, 等. 网络鱼雷概念及关键技术探讨[J]. 鱼雷技术, 2008(2).