

水声传感器网络中的节能路由协议改进算法^①

苑慧娴, 刘广钟

(上海海事大学 信息工程学院, 上海 201306)

摘要: 在大规模三维水声传感器网络中, 针对节点能耗和网络传输效率的问题, 本文基于节点定位和 LEACH 算法, 提出了一种适用于水声通信传感器网络路由算法, 该算法采用定位、聚类、唤醒和排列的思想, 首先通过定位, 确定节点的位置信息, 再通过聚类方法, 使水下的节点分成不同的簇, 形成节点休眠及唤醒的单元. 在数据通信过程中, 通过及时唤醒簇单元, 使需要利用的簇节点及时被唤醒, 处于活跃状态, 而暂时不被需要的节点进行休眠, 从而达到节能的效果. 而在簇内传输时, 考虑了节点的剩余能量信息, 选择最优节点进行信息传输. 仿真实验表明, 该算法能够提高网络的整体寿命时间.

关键词: 无线传感器网络; 节点唤醒; 节能; 路由协议; 水声通信

Improved Energy-Efficient Routing Protocol Optimization for Underwater Acoustic Sensor Networks

YUAN Hui-Xian, LIU Guang-Zhong

(Information Engineering College, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Considering the characteristic of high energy consumption of nodes and efficiency network transmission problem in large-scale three-dimensional underwater acoustic sensor networks, this paper proposes an algorithm for underwater acoustic communication sensor network routing based on the node location and LEACH algorithm, which takes the method of positioning, clustering, waking up and arranging. First of all, it gathers the location information of nodes, and makes underwater nodes into different clusters through clustering methods, wakes up the nodes we need and sleep the others. In the data communication process it is needed that waking up cluster unit timely and making sure the cluster nodes need to be waked up in time, making them in the active state, and sleeping the nodes we don't needed to save energy. We choose the best node to transmit information in the cluster. Simulation results show that the algorithm can improve the overall lifetime.

Key words: wireless sensor network; wake up nodes; energy-efficient; routing protocol; underwater acoustic communication

1 引言

随着人类对水下资源的探索, 水声传感器网络的应用越来越引起学者们的注意. 水声传感器的应用前景很广阔, 包括海洋资源的探测、水污染的防治、灾难预警以及船舶监控等众多领域^[1].

1.1 研究背景

目前无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)研究成果已经比较成熟, 并在实际应用中得到

证明. 不过水声传感器网络与地上的无线传感器网络相比, 传输途径不同, 所以如果直接将陆上无线传感器的协议直接用于水声通信, 效果并不理想. 由于水中环境复杂, 信道传输条件恶劣, 会造成水声网络的通信质量和效率不高^[2]. 另外, 水下传感器节点的能量一般由电池提供, 所以水下传感器网络的能量补给不太方便. 在这样节点能量并不充分的情况下, 我们应尽可能研究出节能的路由协议算法.

^① 基金项目: 国家自然科学基金(61202370); 上海市教委科研重点创新项目(12ZZ151); 上海市浦江人才计划项目(11PJ1404300)

收稿时间: 2014-04-02; 收到修改稿时间: 2014-05-04

1.2 研究意义

在水声无线传感器网络中,随着节点能量的消耗,并且水下环境不能及时方便的提供新的能量,存活的节点越来越少,严重影响着网络的整体寿命,对于信息的传输也产生了影响。

通过本文的研究,在通信过程中考虑了水声传感器网络中节点的能量问题,使网络的整体寿命更长,从而传输更多的采集信息,对于实际的应用,也产生了积极作用。

1.3 工作原理

在无线传感器网络中一般由汇聚结点(sink)请求和接收数据,当用户应用端发出命令,通过汇聚点发送给水下无线传感器节点,节点收到命令后获取数据,再将数据返回给汇聚点,再由汇聚节点发送给应用端,实现传输数据的功能^[3]。

2 网络模型

针对路由算法,国内外研究学者做了大量研究,根据网络体系结构,大概可以将水下传感器划分为三类:平面路由算法、层次路由算法和基于定位的路由算法^[4]。

在平面的路由算法中,所有的节点都被固定在一个面上,比如被锚定在海底。

在层次路由算法中,水下节点分布在三维的空间中,通过自适用算法,将网络划分为簇,在簇中存在簇头节点,通过簇头节点进行数据传输,达到均衡网络能量能耗的效果,对此很多学者进行了研究以及改进。

在基于定位的路由算法中,首先需要获得全部节点的位置信息,在水下节点定位技术还不成熟的情况下,精确定位会造成很大的能量消耗,这类路由协议研究成果不及于前两类。而在当下,在现代海洋高新技术不断引入和支持下,对于大多数水下传感器网络来说,不知道传感器位置而感知数据有时是没有意义的,确定传感器节点位置及确定事件发生的位置是网络中的基本功能,随着技术的发展,定位的技术也越来越成熟,无论是从软件角度还是从硬件角度考虑,定位不再是限制这类协议发展的关键因素^[4]。本文研究的网络模型就是第三类基于定位的路由算法。

本文在前两类路由算法的基础上做了改进,形成适用于第三类基于定位的路由算法。

3 水声无线传感器网络路由协议

3.1 改进前路由协议算法

2000年,Heinzelman等提出了低能量自适应分簇路由协议,即LEACH(low energy adaptive clustering hierarchy)算法,该算法采用了“轮”的概念,定期的对节点划分为簇。传统的LEACH算法产生的簇头节点的方法如下:传感器节点随即生成0~1之间的随机数,如果该随机数小于某一个值 $T(n)$,即成为簇头节点。

$$T(n) = \frac{p}{1 - p * \left[r * \text{mod} \left(\frac{1}{p} \right) \right]}$$

其中 $p=k/n$, n 为网络中传感器节点数, p 为簇头的百分比, k 为簇数, r 为轮数。

缺点:在每个簇中选择一个簇头节点,选择簇头节点时具有随机性的特点,这样就有可能造成能量很低的节点也有可能成为簇头节点,这样对于整个网络的寿命很不利^[5]。

之后对上述算法进行了改进^[6],在簇头的选择上加入剩余能量因素,防止能量低的节点成为簇头。

但是,无论是传统的还是改进的LEACH算法,都采用分簇的方式,使传感器节点间歇的进行工作,这样大大降低了能量的消耗。但是,尽管文献^[6]对传统的LEACH算法进行了改进,但是分簇的过程依旧采用自适应的手段,即首先确定簇头节点,之后让非簇头节点自己检测和各个簇头的关系,并最终确定归属于某个簇。缺点:如果直接用在基于地理位置的路由协议上,这个分簇过程会时间较长,耗能较多。

3.2 改进后路由协议算法

在基于定位的水声传感器网络中,由于具备确认各传感器地理位置的优势,因此分簇过程^[7-9],可以不采用自适应的方式,而是采用聚类方法,将各个传感器节点的地理位置发送给基站,基站有很好的计算能力,通过使用聚类方法,将各个传感器节点划分成不同的簇,再将分簇结果返回给传感器节点。优点:分簇过程短,耗能少。

本文采用支持向量聚类(Support Vector Clustering, SVC)方法^[10-12]。该方法属于核聚类的一种,它支持向量机进行聚类。它的基本思想:利用高斯核,将数据空间中的数据点映射到一个高位的特征空间中。再在特征空间中寻找一个能包围所有数据点象的半径最小的球,将这个球映回到数据空间,则得到包含所有数据点的等值线集。每一条闭合等值线包围的点属于同

一个簇。

首先确定簇，并选择各个簇中剩余能量最多的传感器节点作为簇头节点，如图 1 所示。

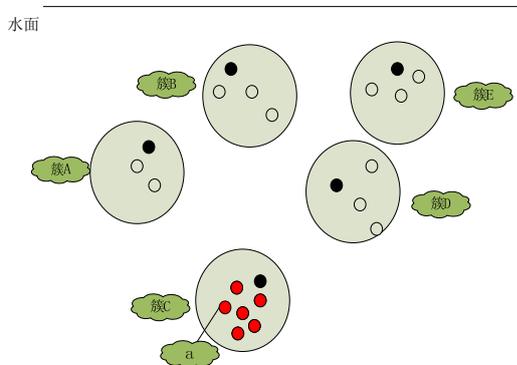


图 1 分簇图

图 1 中，深色点为簇中的簇头节点，负责监听其他簇的头节点动态，以及和本簇中所有节点进行信息交互。簇头节点会发送广播，把自己簇目前的状态告知其他簇头节点，是否有节点正处于活跃状态，当簇 C 中的浅色节点为活跃状态时，首先告知自己的头节点，簇 C 头节点会发广播告诉其他簇头节点，自己目前处于活跃状态，其他头节点收到信息后，判断是否可以一跳到达簇 C 头节点，如果可以，告诉所有的簇内节点，由休眠进入激活状态，如果不能一跳到达，则继续处于休眠状态，如图 1 所示。

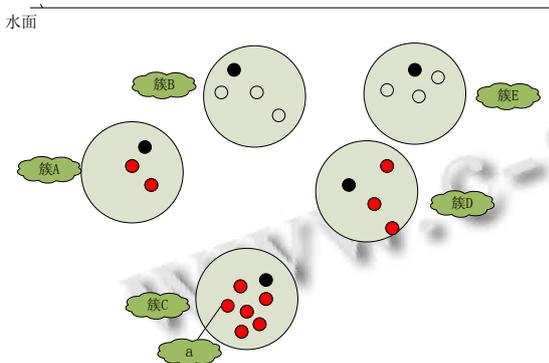


图 2 激活其他簇中节点

由于簇头节点消耗能量较多，所以定期的进行重选簇头节点。

通过唤醒正在工作节点的周边节点，休眠暂时用不到的节点，实现节能的效果，由于水下的节点可能会发生移动，所以各节点所在的簇的信息也会发生变化，所以我们可以设置时间 t ，定期的进行分簇，及时

的重新确定各个节点的最新信息，从而也保证通信的高效性。

网络中存在一些关键节点，这些关键节点在平时的通信过程中，为了达到最优的路径选择，会被反复的用到，造成能量消耗比较大，进而造成电池耗尽，成为失效节点。当网络中失效节点增多的时候，整个网络的性能就有很明显的下降，甚至造成网络瘫痪，不能再进行通信的严重后果。

在节点传输过程中，还要考虑该节点的剩余能量，当中间节点的能量低于 M 时，要对该节点进行保护，继续选择从跳数角度考虑次优，但是能量满足要求的节点，这样做虽然增加了到达目的节点的跳数，但是从整体考虑增加了网络的整体寿命，如表 1 所示， a 节点要发送信息到 b 节点，在选择时，由于 c, d 节点的能量都不满足条件，所以我们选择 e 节点进行传输，保护 c 和 d 节点。当到达目的节点只有经过 c 一条途径的时候才允许通过 c 传输。但是如果路由表中节点很多，这样依次进行判断反而使传输效率很低，同时检测节点的能量信息，也必然消耗节点的能量，所以我们设置一个值 N ，当检测到路由表中第 N 个节点仍不能满足条件时，则选择 N 节点进行传输，不需再继续判断其他节点能否满足要求，当 N 非常大时，反而会适得其反，影响网络的传输效率，本例中假设 $N=3$ ， e 节点的剩余能量仍小于 M ，则仍选择 e 节点进行信息传输，不需再比较 f 节点。

表 1 路由信息表

源节点	目的节点	途径节点	跳数	剩余能量
a	b	c	3	<M
a	b	d	4	<M
a	b	e	5	>M
a	b	f	6	>M

N 值大小设置的要求，是在一般情况下在小于 N 个节点能量检测中就能找到最优节点，如果要在比较大于 N 次的能量信息，才能找到适合的节点进行信息传输时，网络传输效率低下，所以我们没有必要在保证整个网络寿命长的情况下，牺牲网络的传输效率，我们的目的是均衡这两个因素，在提高整体网络寿命的时候，也能保证网络的传输效率。

4 仿真与讨论

本文采用 MATLAB 进行仿真，分析传统 LEACH

路由协议, 最小跳数路由协议, 和改进后的协议, 通过在相同环境下性能的比较来验证改进算法的有效性。

节点随机部署在 $100\text{m} \times 100\text{m} \times 100\text{m}$ 的三维区域中, 节点数量为 100, 信道带宽设为 1Mb/s , 数据分组的大小为 4KB , 节点的初始能量为 10J 。

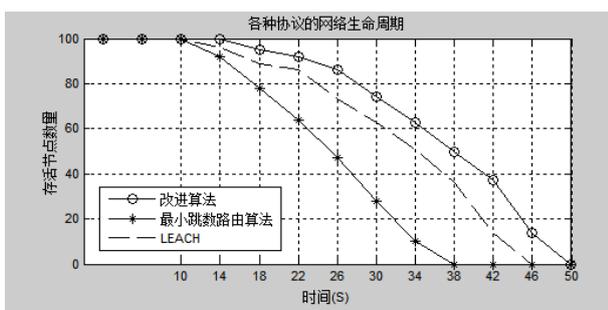


图3 协议生命周期

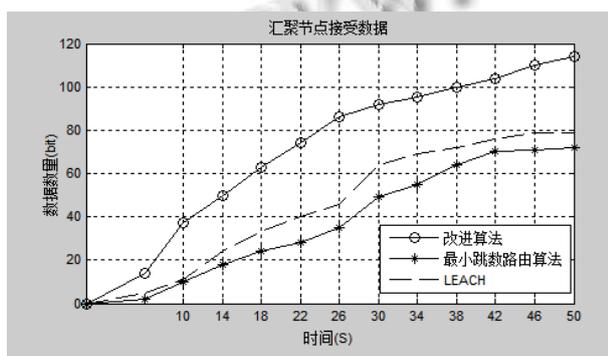


图4 汇聚点接受数据

图3表明改进后的算法, 延长了网络的生命周期。图4表明, 从整体上考虑, 改进后的算法, 提高了整个网络的数据传输率, 保证了水声无线传感器网络的可靠性。

5 结语

本文提出的算法, 在使用节点方面, 使需要的节点处于激活状态, 而暂时不需要的节点进行休眠, 达到了节能的效果, 另外在选择节点的时候, 考虑了节点剩余能量, 虽不能保证每一次通信的路径都是最优

的, 但是在略微牺牲网络传输效率的同时切实提高了网络的生命周期, 从而使网络能够保持更长的工作时间, 达到了两者的均衡效果, 从而表明, 该算法能够提高网络的整体寿命。

参考文献

- 1 钟永信, 黄建国, 韩晶. 基于空间唤醒的水声传感器网络节能路由协议. 电子与信息学报, 2011, 33(6): 1326-1331.
- 2 仲元昌, 宋扬. 大规模无线传感器网络自适应节能路由算法. 计算机工程与应用, 2013, 49(1): 89-93.
- 3 洪薇, 胡健, 龚代圣, 戴聿雯. 一种基于层次的无线传感器网络非均匀分簇路由协议, 2012, (12): 80-84.
- 4 Liu G, Liu M. The research of routing algorithm based on density control for underwater acoustic sensor networks. 2011 International Conference on Uncertainty Reasoning and Knowledge Engineering (URKE). IEEE. 2011, 2. 230-233.
- 5 陈大海, 张效民, 何轲. 水下声传感器网络节点自定位研究. 电声技术, 2009, 33(8): 45-47, 51.
- 6 林楠, 史苇杭. 无线传感器 LEACH 算法的优化及仿真. 计算机仿真, 2011, 28(1): 178-181.
- 7 Cao J, Dou J, Guo Z, et al. ELT: Energy-level-based hybrid transmission in underwater sensor acoustic networks. 2013 IEEE Ninth International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks (MSN). IEEE. 2013. 133-139.
- 8 Pompili D, Melodia T. Research Challenges in Communication Protocol Design for Underwater Sensor Networks. New York, NY, USA: CRC Press, 2010.
- 9 郭忠文, 罗汉江, 洪锋, 杨猛, 倪明选. 水下无线传感器网络的研究进展. 计算机研究与发展, 2010, 47(3): 377-389.
- 10 刘玉梁, 潘仲明. 水下无线传感器网络能量路由协议的仿真研究. 传感技术学报, 2011, 24(6): 905-908.
- 11 司海飞, 杨忠, 王珺. 无线传感器网络研究现状与应用. 机电工程, 2011, 28(1): 16-20.
- 12 兰胜林, 杜秀娟, 柳凡, 冯振兴. 基于层级的水下传感器网络自适应地理路由协议. 计算机应用研究, 2014, 31(1): 236-238.