

一种能量高效的水下传感器网络路由协议

孙桂芝, 桑恩方

(哈尔滨工程大学水声工程学院, 哈尔滨 150001)

摘要: 水下传感器网络的应用特点, 使得高效利用网络节点能量、延长网络生存期成为水下传感器网络路由协议的一个显著特征。在目的节点序列距离矢量 DSDV (Destination-Sequenced Distance-Vector) 路由协议和基于最小代价场路由协议的基础上, 提出了一种延长网络寿命的路由算法。该协议通过均衡每个网络节点的能量消耗, 来达到延长整个网络生存期的目的, 并进行仿真论证, 仿真结果表明提出的这个路由协议相对于 DSDV, 网络生存时间延长了大约 10%。

关键词: 水下传感器网络; 路由协议; 最小能量代价; DSDV; BNEC

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-363X(2007)-01-0134-03

An energy-efficient routing protocol for underwater acoustic sensor networks

SUN Gui-zhi, SANG En-fang

(Sonar Engineering Department of Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: Characteristics of underwater acoustic sensor networks make it a remarkable property of the routing protocol to efficiently utilize network node energy and extend network lifespan. In this paper, a routing protocol with extended network lifespan is proposed based on the protocol of Destination Sequenced Distance Vector (DSDV) and a routing protocol with minimizing-cost field. The proposed protocol keeps balance of every node's energy consumption to extend network lifespan. Simulation results show that the proposed protocol may prolong network lifespan by 10% with respect to DSDV.

Key words: underwater acoustic networks; routing protocols; minimum energy cost; DSDV; BNEC

1 引 言

水下声通信应用在军事上已经很长时间了, 相对于无线电, 声在水下有着优越的传播特性, 使得它成为水下通信首选的媒介。军事上的丰富经验促进了水声通信网络的发展, 这主要是由于水下声组网易于布设。这种网络(即水下传感器网络)在海洋数据收集、污染监测、海洋开发、灾难预报、辅助导航和战术监视

等涉海领域具有广泛的应用前景。它一般是由大量分布的水下传感器、水下仪器等节点组成的多跳网, 每个节点具有一个或多个传感器、嵌入式的处理器、低功耗的声 MODEM、以及供应能量的电池。

路由协议的研究和效率是水下传感器网络的一个重要课题, 由于水下传感器网络的应用特点, 使得更换水下节点电池非常困难, 因此, 路由算法的能量有效性就成为研究人员关注的焦点之一。文献 [1] 提出了一种基于最小跳数的路由协议, 该算法通过减少信息传输次数, 达到节省能量的目的。本文针对水下传感器网络, 在文献 [2] [3] 和 DSDV 协议的基础上提出了一个均衡节点能量消耗的路由算法

收稿日期: 2006-08-25, 修回日期: 2005-12-27

作者简介: 孙桂芝 (1967-) 女, 黑龙江鸡西市人, 博士研究生, 研究方向: 水声通讯网络协议。

通信作者: 孙桂芝, E-mail: gzsun2004@yahoo.com.cn

BNEC(Balancing Node's Energy Consumption),该算法通过均衡网络节点的能量消耗,进而达到最大化网络生命周期的目的,仿真结果表明此路由算法比文献[3][4]中所提出的路由算法更为有效。

2 均衡节点能量消耗的路由算法 BNEC (Balancing Node Energy Consumption)

本文讨论的水下传感器网络是一种平面结构的网络拓扑。在这种结构中有两类节点:主节点和传感器节点,传感器节点以多跳的方式与主节点相连。主节点负责接收传感器节点传送的数据,通过网关节点把数据传送给岸上的用户。主节点也可以通过发送命令的方式来控制传感器节点。传感器节点负责收集传感器上的数据,通过网络把数据传给主节点^[5]。

BNEC 协议是基于这样一种假设:水下传感器网络内的信息总是从传感器节点向主节点发送,主节点除了向整个网络发布广告信息之外,不会指定某个节点作为目的地址进行信息传送,即 BNEC 是一种单向协议,并假设水下声信道是双向对称的信道。

BNEC 路由协议的基本思想是每个节点只记录自己的一跳邻居节点中使路由的能量代价达到最小的节点作为自己的转发节点。这样,就保证了数据按能量代价最小的路由进行传送。传感器节点通过接收邻节点发送的信息包,来计算本节点到此邻节点转发信息所需的最小能量代价,以及本节点到主节点的路由代价,来确定自己的转发节点,进而形成最小能量代价的路由。

2.1 路由的建立

在水下传感器网络中,初始时主节点的最小能量代价为 0,路由代价为 0,其他节点的最小能量代价为无穷大,路由代价为无穷大。主节点采用泛洪算法发送拓扑信息包。当信息包被它的一跳邻居节点接收到,这些节点将根据接收到的信号强度计算自己到上一跳节点的最小能量消耗^[6],并计算自己到上一跳节点的最小能量代价:

$$E(N_j, N_i) = \frac{P_{ij}}{E_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中 P_{ij} 为节点 N_i 与节点 N_j 间的最小能量消耗, E_i 为节点 N_j 的剩余能量, $E(N_j, N_i)$ 为节点 N_j 与节点 N_i 之间的最小能量代价。

定义节点 N_j 经 N_i 到达主节点的能量代价:

$$\text{Cost}(N_j, N_i) = \text{Cost}(N_i, N_y)_{\min} + E(N_j, N_i) \quad (2)$$

(N_y 为 N_i 的转发节点)

定义节点的路由代价为本节点所有的上一跳节点的路由代价与本节点到上一跳节点的最小能量代价之和的最小值,即:

$$\text{Cost}(N_j, N_x)_{\min} = \min_{N_i} \{ \text{Cost}(N_j, N_i) \} \quad (3)$$

(N_x, N_i 为 N_j 的上一跳节点)

则节点 N_x 记为本节点的转发节点,并产生自己的信息包,向自己的邻居节点广播。

BNEC 算法的目的就是均衡各个节点的能量消耗,防止网络分割,延长网络寿命。为了保证每个节点都能得到自己真实的路由代价,同时减少路由建立过程中需要的信息包总量,节点收到使得自己路由代价变小的信息包的时候,不是立刻发送自己的信息包,而是等待一个时间 t_w 。在此期间节点接收可能到达的新的信息包,以保证自己发出的信息包中的路由代价就是自己真实的路由代价。等待时间 t_w 的大小与节点首次接到的信息包的状况和网络中的节点数有关。

2.2 路由的维护

由于节点不断地转发信息,使得节点的最小能量代价不能准确地反映节点的能量消耗状况,同时由于节点失效,造成网络拓扑发生变化,因此节点必须定期地和触发地更新转发节点,以便于及时均衡网络的能量消耗。

节点的定期更新算法是由主节点发起,主节点把自己的序列号加 2,其他步骤如路由建立时信息包的发送。

当节点发现链路中断时,节点进行触发式路由更新,把主节点的序列号加 1,路由代价设为无穷大,并发送此信息包。如果此节点是接收节点的转发节点,那么接收节点删除此转发节点,并设置自己的路由代价为无穷大,立即广播此信息。如果此节点不是接收节点的转发节点,那么接收节点发送自己的路由代价,以便于触发节点获得新的转发节点,最终使得这些断链节点找到自己新的转发节点^[4-6]。

3 网络仿真

在 NS(networks simulator)2 上进行 BNEC 和 DSDV 协议的仿真比较。网络拓扑为一个主节点和

40个传感器节点。数据链路层采用 IEEE802.11 协议,仿真系统采用的水声信号传输模型是我们根据文献^[7]并结合水下声信道的传输特性得到的:

$$\left[\frac{P(d)}{P(d_0)} \right]_{dB} = -10\beta \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_{dB} \quad (4)$$

式中 β 为路径损失指数,此仿真中取值为 3, X_{dB} 是一个零均值,方差为 σ_{dB} 的高斯变量,此仿真中 σ_{dB} 取值为 2。d 为传输距离。 d_0 为参考距离,取值为 1。

各个节点具有相同的能量初始值设为 5 个单位,在仿真场景设定为 500×500 的正方形区域内,对 BNEC 和 DSDV 进行比较。图 1 显示了 BNEC 和 DSDV 能量消耗的比较结果。图 2 显示了节点 31 在 DSDV 和 BNEC 协议中消耗能量的对比。由于 BNEC 是一个能量感知的路由协议,它通过均衡各个节点的能量消耗,防止网络过早分割,进而延长了网络的生存时间。由于 BNEC 能够均衡各个节点的能量消耗,使得各个节点能量能够平稳下降,仿真中

以节点 31 为例,它的寿命在 BNEC 中比在 DSDV 协议中延长了大约 10%。

4 结 论

水声通信的广泛应用促进了水下传感器网络的发展,然而,由于这种网络的应用特点,使得能量效率以及网络的寿命问题成为水下传感器网络技术应用的主要障碍之一,本文针对此问题在 DSDV 和文献^[2,3]的基础上提出了一种均衡节点能量消耗的路由算法 BNEC,采用该协议网络中的任何节点向主节点发送的信息包总是沿着最小能量代价的路由传送,均衡了网络节点的能量消耗,进而达到延长网络寿命的目的,仿真结果显示此协议能量效率优于 DSDV 协议,可以在水下传感器网络中广泛应用。

参 考 文 献

- [1] 马祖长,孙怡宁.大规模无线传感器网络的路由协议研究[J].计算机工程与应用,2004(11):165-167.
MA Zuchang, SUN Yining. Research on Routing Protocol of a Large Wireless Sensors Network[J]. Computer Engineering and Applications, 2004(11): 165-167.
- [2] Raja Jurdak, Cristina Videira Lopes, Pierre Baldi. Battery Lifetime Estimation and Optimization for Underwater Sensor Networks[EB/OL]. <http://www.isr.uci.edu/~lopes/documents/sensor%20net%20ops%2004/UW%20power%20model.pdf>, 2004.
- [3] Fan Ye, Alvin Chen, Songwu Lu, Lixia Zhang. A Scalable Solution to Minimum Cost Forwarding in Large Sensor Networks[EB/OL]. <http://www.cs.ucla.edu/~alchemy/pubs/grab-icccn01.pdf>, 2001.
- [4] Charles E. Perkins. Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing(DSDV) for Mobile Computers[EB/OL]. <http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/2631/http:zSzzwww.cs.umd.eduzSprojectszSzm-cmlzS-paperszSsigcomm94.pdf/perkins94highly.pdf>, 1994.
- [5] Akyildiz, Pompili D, Melodia T. Underwater Acoustic Sensor Networks: Research Challenges[J]. Elsevier's Journal of Ad Hoc Networks, March 2005, 3(3): 257-279.
- [6] 田 坦,刘国枝.声纳技术[M].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2000.16-17.
TIAN Tan, LIU Guozhi. Sonar Technique[M]. Haerbin Engineering University, 2000. 16-17.
- [7] Kevin Fall, Kannan Varadhan. The ns Manual[EB/OL]. http://www.isi.edu/nsnam/ns/doc/ns_doc.pdf.2003

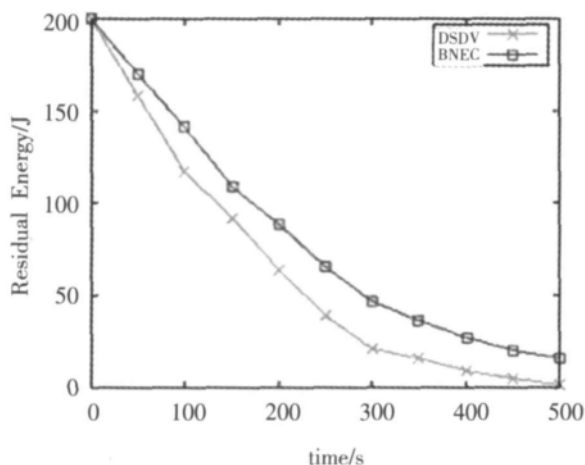


图1 DSDV 与 BNEC 的能量消耗对比

Fig.1 Energy consumption comparison for DSDV and BNEC

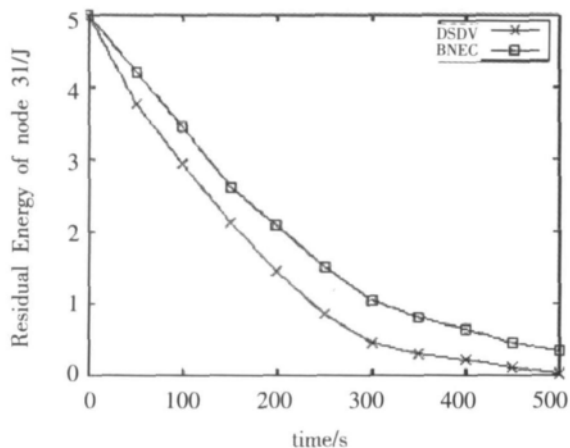


图2 节点 31 的能量消耗情况比较

Fig.2 Energy consumption comparison of Node 31