

Energy-Efficient Routing Protocol for Wireless Sensor Networks*

WANG Wei, FENG Yuan-jing, YU Li*

(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China)

Abstract: How to reduce the power consumption of nodes effectively in order to prolong the lifetime of WSN is the central topic for research in WSN routing protocols. A new routing algorithm based on LEACH is proposed. Firstly, in order to improve the random probability of head election, so proportion energy consumption, new parameters, such as residual energy and local node density are introduced for head election. Secondly, besides the hierarchical routing, independent nodes apply flat routing, communicating to sink node directly. This hybrid routing can reduce energy consumption. Both of the algorithms are simulated in MATLAB. The results prove that the improved algorithm is much better than LAECH in lifetime and LBF.

Key words: wireless sensor network, routing protocols, energy, LEACH

EEACC: 6150P; 7230

一种高能效的无线传感器网络路由协议设计*

王 微,冯远静,俞 立*

(浙江工业大学信息学院,杭州 310032)

摘 要: 如何有效地降低节点的能耗,延长网络生存时间,一直是无线传感器网络路由协议的研究热点。基于 LEACH 路由算法,提出一种新的路由机制。该机制改进原来簇头选取概率随机的缺陷,引入了剩余能量和局部节点密度因素,使网络能耗更均衡。同时,在层次型路由的基础上,独立节点采用平面路由,直接和 sink 节点通信,混合的路由算法能更好地提高能效。最后,用 MATLAB 对两种算法仿真,仿真结果表明,改进算法在网络生存时间和簇负载平衡上更优于 LEACH 算法。

关键词: 无线传感器网络;路由协议;能量;LEACH

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1004-1699(2008)12-2061-06

无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSN)是由部署在监测区域内大量微型多功能传感器节点组成,通过无线通信方式形成的一个多跳、自组织的网络系统。WSN 路由协议负责将数据分组从源节点以无线多跳(Multi-hop)的方式传递到目的节点。路由协议不仅影响数据传输的可靠性、实时性等一系列网络性能,而且还会影响通信所消耗的能量,从而影响整个网络的生存时间。延长网络生存时间的路由协议对于无线传感器网络的研究具有非常重要的意义。

WSN 路由协议可分为平面路由协议和层次路由协议。平面路由协议无管理节点,缺乏对通信资

源的优化管理,自组织协同工作算法复杂,对网络动态变化的反应速度较慢,而且需要维持较大的路由表,占据较多的存储空间,因此不适合大规模网络。层次路由协议在一定程度上可以解决这个问题,目前有 LEACH^[2-3], TEEN^[5] 和 PEGASIS^[6] 等层次路由算法。其中 LEACH 算法是一种最经典的层次型路由协议算法,在其基础上还有 DCHS^[4], LEACH-C^[2] 和 LEACH-F^[2] 等。LEACH-C 和 LEACH-F 是两种集中式的算法,能耗仍较大, DCHS 虽然在簇头选择时考虑了剩余能量因素,但并没有考虑到局部节点密度等问题。

本文主要就网络生存时间对 LEACH 做改进。

基金项目: 浙江省自然科学基金资助(Y106660)

收稿日期: 2008-07-04 **修改日期:** 2008-10-12

在簇头选择时引入剩余能量和局部节点密度因素,使网络能耗更均衡。在层次型路由的基础上,允许有独立节点存在,独立节点直接和 sink 节点通信,以平面路由形式通信。这种混合的路由算法更好地降低了能耗。同时,采用备用簇头机制,有效解决了数据传输阶段因簇头失效而引起的网络破裂问题,使得网络更加稳定。

1 LEACH 算法

1.1 工作过程

由 Heinzelman W 等提出的 LEACH 算法是 WSN 中最早的自适应分簇路由协议。LEACH 算法假设所有节点都平等,且无线电信号在各个方向上能耗都相同。算法中,节点自组织成不同的簇,每个簇有一个簇头,各节点按一定的概率决定是否做簇头。普通节点将自己的数据发送给簇头节点,为减少冗余数据的传输,簇头节点对数据融合后发送给 sink 节点。

LEACH 算法的执行过程是周期性的。每个循环分为簇的建立阶段和稳定的数据通信阶段。在簇的建立阶段,相邻节点动态地形成簇,随机产生簇头。簇头选择过程如下:传感器节点生成一个 0 和 1 之间的随机数,如果该随机数小于阈值 $T(n)$,则对应节点当选为簇头。若该节点已经当选过簇头,则把 $T(n)$ 设置为 0。随着当选过簇头的节点数目增加,剩余节点当选簇头的阈值 $T(n)$ 随之增大,所以节点当选簇头的概率也增大。 $T(n)$ 的计算方法如式(1):

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1 - p[r \bmod (1/p)]} & n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

其中 p 是簇头在所有节点中所占的比例; r 是当前轮数; G 是最后 $1/p$ 轮中没当选过簇头节点的节点集。

节点当选簇头后,广播消息,普通节点根据接收到消息的强度,选择信号强度最大的簇头节点作为自己的簇头,并向簇头发送加入簇的请求。簇头收到请求后为簇内节点分配时隙,并把 TDMA 时间表发送给簇内成员。在稳定阶段,节点按时间表传输数据。

1.2 能量模型

无线通信能耗是 WSN 中的主要能耗部分,本文采用与文献[3]相同的无线通信能量消耗模型。节点发射 l byte 的数据到距离为 d 的节点,消耗的能量由发射电路消耗和功率放大消耗两部分组成,即

$$E_{Tx}(l) = E_{Tx_elec}(l) + E_{Tx_amp}(l, d) = IE_{elec} + lE_{fs}d^2 \quad (2)$$

其中 E_{elec} 表示发射电路消耗的能量; E_{fs} 表示功率放大器消耗的能量。

节点接收 l byte 的数据所消耗的能量为

$$E_{Rx}(l) = E_{Rx_elec}(l) = lE_{elec} \quad (3)$$

在 WSN 中,簇头需要将簇内成员节点采集的数据进行融合,然后再发送到基站。数据融合也需要消耗一定的能量,

$$E_{Df}(l) = lE_{df} \quad (4)$$

其中 E_{df} 表示融合单位比特数据所消耗的能量, d_f 为融合系数。

1.3 存在问题

和平面路由算法相比,LEACH 算法可以延长将近 30% 的网络生存时间。但也存在一些问题:

① 由于 LEACH 算法中簇头的产生具有极大的随机性,可能会出现部分簇头相距过近或部分区域的节点离簇头太远的情况,增加了节点的传输能耗,故不能有效地延长网络生存时间。而且由于簇头选择的随机性使得网络的簇头需要负担的节点数不同,加重了个别簇头节点的负担,可能会使得节点密集的区域簇的规模较大,而节点稀疏的区域簇的规模较小,使得网络的负载平衡程度下降^[7]。

② 簇头选择没有考虑到节点剩余能量的因素,能量消耗少的节点不能优先当选为簇头,从而不能有效提高网络的生存时间。

③ 普通节点在选择簇头加入时,仅考虑到各簇头的距离,而没考虑到 sink 节点的距离,可能出现的情况是普通节点到 sink 的距离远小于其到簇头的距离,与簇头通信浪费了能量。

2 LEACH 算法的改进

针对 LEACH 算法存在的缺点,本文在考虑了节点剩余能量、局部节点密度和成为簇头容易程度之间的关系以及引入独立节点和备用簇头机制的基础上,对 LEACH 算法进行了改进。

和 LEACH 算法一样,改进算法的执行过程依旧是周期性的,每轮循环分为簇的建立阶段和稳定的数据通信阶段。为了减少簇的建立阶段所消耗的额外通信能耗,数据通信阶段的时间应大于簇建立阶段的时间。算法的改进主要在簇的建立阶段,包括簇头的选择和簇的形成。

2.1 簇头的选择

针对 LEACH 算法中选择簇头的阈值没有考虑到剩余能量的不足,为了达到每个节点平均消耗能量的目标,必须满足两个要求:①每个节点的初始能量均等;②每个节点担任簇头期间消耗的

能量均等。然而,在实际中往往难以使得每个节点的初始能量完全均等;其次,由于每个簇的大小以及簇头到 sink 节点的距离不一样,要求②显然也难以实现。考虑节点剩余能量的 $T'(n)$ ^[4] 公式如式(5)所示:

$$T'(n) = \frac{p}{1 - p[r \bmod (1/p)]} \frac{E_{n_current}}{E_{n_max}} \quad (5)$$

其中 $E_{n_current}$ 表示节点的剩余能量, E_{n_max} 表示节点的初始能量。

按式(5)选择簇头,能量消耗比例较低的节点优先当选簇头。但式(5)存在缺陷,当网络运行了相当长一段时间后,所有节点的剩余能量 $E_{n_current}$ 都变得很低,那么阈值 $T'(n)$ 就会变小,所有节点成为簇头的概率都会大大降低,每轮当选的簇头数量减少,最终导致网络能量耗费不均衡,网络生命周期缩短。本文对式(5)改进如下:

$$T''(n) = \frac{p}{1 - p[r \bmod (1/p)]} \left[\frac{E_{n_current}}{E_{n_max}} + p \frac{r}{\text{time}_{ch} + 1} \left(1 - \frac{E_{n_current}}{E_{n_max}} \right) \right] \quad (6)$$

其中 time_{ch} 是节点当选过簇头的次数。

式(6)解决了上述式(5)存在的问题,而且当节点多次被选为簇头后,其阈值将减小,再次被选为簇头的概率也就降低了。但也还存在问题。要使 $T''(n)$ 是 $E_{n_current}$ 的增函数,必须有 $p \frac{r}{\text{time}_{ch} + 1} < 1$ 。当每个节点等概率的当选为簇头时,该值的理想值是一个小于 1 的数,但实际上该值有可能稍大于 1。同时,式(6)并没有解决 LEACH 算法可能会出现的问题:节点密集的区域簇规模较大,而节点稀疏的区域簇规模较小这个问题。因此,本文对式(6)改进如下:

$$T'''(n) = \frac{p}{1 - p[r \bmod (1/p)]} \left[\frac{E_{n_current}}{E_{n_max}} + p \frac{r}{\text{time}_{ch} + 1} \frac{\text{num}_{nb}}{N} \left(1 - \frac{E_{n_current}}{E_{n_max}} \right) \right] \quad (7)$$

其中 num_{nb} 是所考虑节点的邻居节点个数; N 是网络中的有效节点总数。

$\frac{\text{num}_{nb}}{N} < 1$, 特别是在大规模、大监测区域网络中, $\frac{\text{num}_{nb}}{N} \ll 1$, 从而更大程度地保证 $p \frac{r}{\text{time}_{ch} + 1} \cdot \frac{\text{num}_{nb}}{N} < 1$, 使 $T'''(n)$ 是 $E_{n_current}$ 的增函数。同时, $T'''(n)$ 也是 $\frac{\text{num}_{nb}}{N}$ 的增函数,保证了阈值随邻居节点个数的增加而增大。高密度区域的节点阈值较大,更容易被选择成为簇头,而低密度区域的节点成为

簇头的概率就降低了,使得节点密集的区域比节点稀疏的区域具有更多的簇头,从而平衡簇的规模,使得网络具有更好的负载平衡程度。

2.2 簇的形成

簇头选定以后,簇头节点在其通信范围内广播“加入簇”消息,告诉其它节点自己是簇头。通常,在收到各个簇头的广播消息后,普通节点要选择一个簇头,成为该簇头的一个子成员。

在改进算法中,普通节点选择簇头时,不仅考虑到各簇头,还考虑到 sink 节点,基于距离和能量耗费决定是加入某个簇,还是作为一个独立节点,直接与 sink 节点通信,如图 1 所示。具体过程如下:

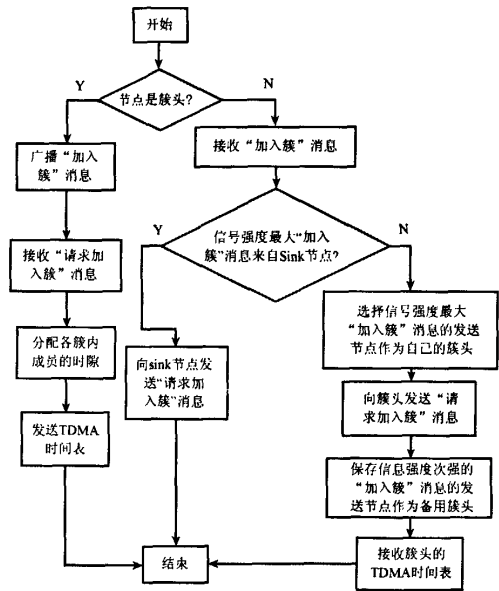
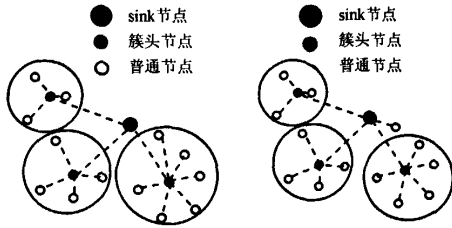


图 1 簇形成过程

在簇头节点广播“加入簇”消息的同时, sink 节点也发送“加入簇”消息。“加入簇”消息包括发送节点的 ID 号和消息标志,其中 sink 节点的 ID 号为 0, 消息包大小为 CM。普通节点根据接收到的“加入簇”消息的强度,选择信号强度最大的簇头作为自己的簇头,并发送“请求加入簇”消息通知簇头或 sink 节点,同时根据情况保存信号强度次强的节点作为自己的备用簇头。

在无障碍物的情况下,节点收到的消息强度越大,表明该节点和发送消息的节点之间的距离越近,加入此簇相对可以节省能量。这样,如果普通节点到 sink 节点的距离比它到所有簇头节点的距离都小时,节点不连接到任何簇头,而是直接与 sink 节点通信。此时节点是一个独立节点,也可以看成是把 sink 节点当作簇头,形成一个特殊的簇。

LEACH 协议及改进协议的拓扑结构如图 2 所示。



(a) LEACH 算法拓扑结构 (b) 改进算法拓扑结构
图 2 LEACH 协议及其改进协议的拓扑结构比较

簇头节点接收到所有的“请求加入簇”消息后，为簇内成员分配时间槽，生成 TDMA 消息，并发送给该簇内所有成员节点。当簇内成员节点接收到该消息后，就会保存自己的时间槽。

在数据传输阶段，节点根据簇头的 TDMA 消息，在各自的时间槽内发送数据。经过一段时间的数据传输，簇头节点对收集到的簇内成员的所有数据按照数据融合算法处理，并将融合后的数据直接传输给 sink 节点。

在改进算法中，当节点作为独立节点存在，直接和 sink 节点通信时，是一种平面型路由；当节点加入某个簇与簇头通信时，是一种层次型路由。因此改进算法是一种平面路由和层次型路由相结合的混合路由算法。

2.3 簇头失效

当节点能量耗尽或收到意外的物理攻击时，节点失效。普通节点的失效对整个网络不会造成很大的影响，但簇头的失效会造成网络破裂，从而使簇内成员的数据无法传送。

改进算法引入了备用簇头的机制。普通节点若不是独立节点，则该节点除了当前簇头外，还保存有一个备用簇头。在数据传输阶段，若当前簇头失效，簇内成员发送“请求加入簇”消息给各自的备用簇头。备用簇头收到该消息后，重新分配各簇内成员的时隙，并发送 TDMA 时间表消息给所有簇内节点。备用簇头机制能在簇头失效的情况下，使簇内成员迅速找到一个新的簇头，减小簇头失效对网络通信造成的不利结果，使网络更加稳定。

2.4 能耗分析

改进算法中，当节点是独立节点时，消耗的能量包括收到“加入簇”消息、发送“请求加入簇”消息和发送数据包的能耗，如式(8)所示。

$$\begin{aligned}
 E_{R_CM} &= CM \cdot E_{elec} \\
 E_{T_CM} &= CM \cdot E_{elec} + CM \cdot E_{fs} \cdot d_{to_Sink}^2 \\
 E_{T_DM} &= DM \cdot E_{elec} + DM \cdot E_{fs} \cdot d_{to_Sink}^2
 \end{aligned} \tag{8}$$

其中：DM 是数据包的大小， d_{to_Sink} 是节点到 sink 节点的距离。

当节点不是独立节点时，其消耗的能量包括节点的能耗和簇头的能耗。节点能耗如式(9)所示。

$$\begin{aligned}
 E_{R_CM} &= CM \cdot E_{elec} \\
 E_{T_CM} &= CM \cdot E_{elec} + CM \cdot E_{fs} \cdot d_{to_Ch}^2 \\
 E_{T_DM} &= DM \cdot E_{elec} + DM \cdot E_{fs} \cdot d_{to_Ch}^2
 \end{aligned} \tag{9}$$

其中 d_{to_Ch} 是节点到其簇头的距离。

$$\begin{aligned}
 E_{R_CM} &= CM \cdot E_{elec} \\
 E_{R_DM} &= DM \cdot E_{elec} \\
 E_{DI} &= DM \cdot E_{df} \cdot d_t \\
 E_{T_DM} &= DM \cdot E_{elec} + DM \cdot E_{fs} \cdot d_{to_Sink}^2
 \end{aligned} \tag{10}$$

簇头因该节点的加入而消耗的能量包括接收“请求加入簇”消息、接收数据包、融合数据和转发数据到 sink 节点四部分，如式(10)所示。

比较式(8)、式(9)和式(10)，当 $d_{to_Sink} < d_{to_Ch}$ 时，节点采用独立的方法对其自身来说节省了能耗。而式(10)对应的能耗均不存在，则对簇头来说，也节省了能量。由此可见，在不考虑 sink 节点能耗的情况下，独立节点机制能降低节点的能耗，延长网络生存时间。

3 仿真实验

3.1 仿真环境

为了评价改进后路由协议的性能，本文用 MATLAB 对 LEACH 算法以及改进算法进行仿真。在 100 m×100 m 的正方形区域中，随机部署 100 个节点，sink 节点位于(50,50)处，如图 3“*”所示。所有节点一旦放置就不再移动。假设每个节点的初始能量为 1 J，每个节点发送或接收数据时发射电路需要消耗的能量 $E_{elec} = 50$ nJ/bit，功率放大器消耗的能量 $E_{fs} = 100$ pJ/bit · d^2 ，簇头融合数据消耗的能量 $E_{df} = 50$ pJ/bit。在一轮循环的数据传输阶段，每个节点发送 100 个数据包，每个数据包长度为 500 bit。簇头发送的“加入簇”消息，TDMA 时间表消息和普通节点发送的“请求加入簇”消息的长度均为 30 bit。

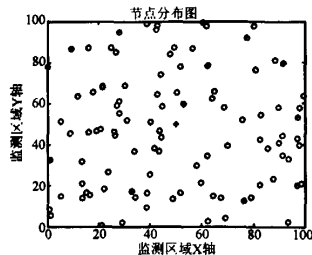


图 3 节点分布图

在无线传感器网络中,评价一个分簇算法的参数很多,本文选择剩余平均能量、剩余有效节点数和负载均衡程度来比较三种算法的性能。

在不考虑其他外界可能破坏因素的前提下,当一个节点的能量小于零时,定义节点失效;当网络中所有的节点都失效时,定义网络失效。

文中的两种算法,每个簇所包含的节点数目均不同。由于簇包含节点数目的不平衡会导致不同簇之间数据的容量不同,因此簇的负载平衡程度也是层次型路由算法中衡量簇性能的重要标准之一。根据文献[8],负载平衡因子 LBF 是簇内成员的均方差,可用来表示簇的负载平衡程度,

$$[LBF] = \frac{\sum_{i=1}^{num_ch} (x_i - \mu)^2}{[num_ch]}$$

其中 x_i 为第 i 个簇包含的节点个数, μ 为本轮簇节点个数的平均数。LBF 的数值越小说明簇的负载越平衡。

3.2 仿真结果和分析

图 4 是两种协议在每轮循环中的节点平均剩余能量,从图中可以看出改进算法的能耗确实比 LEACH 算法有很大的降低。图 5 是两种协议在每轮循环中的剩余有效节点个数。第一个节点失效时,LEACH 算法运行了 38 轮循环,而改进算法运行了 53 轮循环,稳定运行期比 LEACH 算法提高了 39.5%。在第 105 轮时,改进算法还有 31 个节点,但 LEACH 算法仅剩 10 个有效节点,网络已基本失效。从图 4 和图 5 可以看出,改进算法比 LEACH

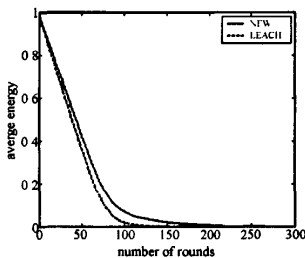


图 4 节点平均剩余能量

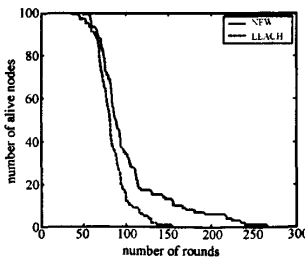


图 5 剩余有效节点个数

算法具有更好的节能效果,实现了提高网络生存时间的目的。这一方面是因为独立节点的存在降低了节点在通信上的能耗,另一方面是因为在选择簇头时考虑了剩余能量和局部节点密度,提高了节点能耗的平衡性。

图 6 是两种协议在每轮循环中的 LBF。从图中可以看出,改进算法的 LBF 值明显小于 LEACH 算法的 LBF 值,由此可见改进算法具有更好的负载均衡程度,这也证明了在簇头选择是考虑局部节点密度是一个提高层次型网络性能的有效措施。

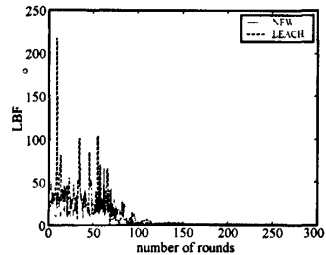


图 6 网络平衡因子 LBF

4 总结

有效的路由协议是无线传感器网络生存的关键。本文分析了经典的 LEACH 路由协议算法,并在此基础上提出了一种改进路由算法。改进算法在选择簇头时考虑了节点的剩余能量因素,使具有较多剩余能量的节点更容易被选为簇头,同时也考虑了局部节点密度因素,使得节点密集的区域比节点稀疏的区域具有更多的簇头,使网络具有更好的负载平衡程度。在成簇时采用了独立节点和备用簇头机制。普通节点作为独立节点可避免因其到簇头节点的距离大于它到 sink 节点的距离而造成的通信能量浪费问题,保存一个备用簇头可防止簇头节点失效时造成的网络破裂问题。改进算法在多个方面解决了 LEACH 算法存在的问题,仿真结果显示,改进算法延长了网络生存时间,同时具有更好的负载平衡程度。

参考文献:

- [1] 孙利民. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社,2005: 3-17.
- [2] Heinzelman W, Chandrakasan A, Balakrishnan H. An Application Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks [J]. IEEE Trans. Wireless Comm, 2002, 1 (4): 660-670.
- [3] Heinzelman W, Chandrakasan A, Balakrishnan H. Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks [C]// Proc. of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences.

- al Conference on System Sciences, 2000: 3005-3014.
- [4] Handy M, Haase M, Timmermann D. Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy with Deterministic Cluster-Head Selection[C]// Proc. of the 4th IEEE Conf. on Mobile and Wireless Communications Networks, 2002: 368-372.
- [5] Manjeshwar A, Agrawal D. TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiently in Wireless Sensor Networks[C]// Proc. of the 15th Parallel and Distributed Processing Symp. San Francisco, 2001: 2009-2015.

- [6] Lindsey S, Saghavendra C S. PEGASIS: Powerful-Efficient Gathering in Sensor Information Systems[C]// Proc. of the IEEE Aerospace Conf. Montana, 2002:1125-1130.
- [7] 吴臻, 金心宇. 无线传感器网络的 LEACH 算法的改进[J]. 传感技术学报, 2006, 19(1): 34-36.
- [8] 邢云冰, 史浩山, 赵洪钢. 基于备用节点的无线传感器网络 LEACH 协议的改进[J]. 传感技术学报, 2007, 20(7): 159-1596.



王微(1983-),女,2006年毕业于浙江工业大学电子信息工程专业,获学士学位,现为浙江工业大学信息学院控制理论与控制工程专业硕士研究生,研究方向为无线传感器网络路由算法研究和嵌入式软件开发,weiw1983@gmail.com



冯远静(1976-),男,2005年获西安交通大学控制科学与工程博士学位,目前为浙江工业大学信息与控制研究所副教授。作为项目负责人承担1项浙江省自然科学基金和1项浙江省科技攻关重点项目。曾作为关键技术完成人完成国家自然科学基金1项、博士点基金1项和中英合作项目1项。发表论文20多篇,其中SCI源期刊2篇、EI收录12篇。目前从事网络化智能系统理论、无线传感器网络、机器人视觉等方面的研究。



俞立(1961-),男,1982年毕业于南开大学控制理论专业,获学士学位,后在浙江大学获硕士和博士学位。现为浙江工业大学信息工程学院院长、教授、博士生导师,中国自动化学会控制理论专业委员会委员,中国自动化学会过程控制专业委员会委员,浙江省自动化学会教学工作委员会主任,浙江省高校电子电器教学指导委员会委员。主要研究方向为鲁棒控制、网络控制等。在 IEEE Transactions on Automatic Control、Automatica、自动化学报等国内外主要学术刊物和会议上发表学术论文250余篇,其中被SCI, EI收录140余篇次。

一种高能效的无线传感器网络路由协议设计

作者: [王微](#), [冯远静](#), [俞立](#), [WANG Wei](#), [FENG Yuan-jing](#), [YU Li](#)
 作者单位: [浙江工业大学信息学院, 杭州, 310032](#)
 刊名: [传感技术学报](#) **ISTIC PKU**
 英文刊名: [CHINESE JOURNAL OF SENSORS AND ACTUATORS](#)
 年, 卷(期): 2008, 21(12)
 引用次数: 0次

参考文献(8条)

1. 孙利民. [无线传感器网络](#) 2005
2. Heinzelman W, Chandrakasan A, Balsekr-Ishnan. H [An Application Specific Protocol Architecture for Wireless MicroSensor Networks](#) 2002(4)
3. Heinzelman W, Chandrakasan A, Balakr-Ishnan H [EnergyEfficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks](#) 2000
4. Handy M, Haase M, Timmermann D [Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy with Deterministic Cluster-Head Selection](#) 2002
5. Manjeshwar A, Agrawal D [TEEN:A Routing Protocol for Enhanced Efficiently in Wireless Sensor Networks](#) 2001
6. Lindsey S, Saghavendra C S [PEGASIS, Powerful-Effident Gathering in Sensor Information Systems](#) 2002
7. 吴臻. 金心宇 [无线传感器网络的LEACH算法的改进](#)[期刊论文]-[传感技术学报](#) 2006(1)
8. 邢云冰. 史浩山. 赵洪钢 [基于备用节点的无线传感器网络LEACH协议的改进](#)[期刊论文]-[传感技术学报](#) 2007(7)

相似文献(10条)

1. 学位论文 [李雅卿](#) [基于分簇无线传感器网络低能耗安全路由协议的研究](#) 2009

作为一种新的信息获取方式和处理模式,无线传感器网络(WirelessSensorNetworks,简称WSNs)目前已成为通信领域备受关注的研究热点。WSNs是一种新型的无基础设施的无线网络,能够协作地实时检测、感知和采集各种环境或监测对象的信息,并对其进行处理,通过无线通信的方式把信息传送到信息汇聚点。WSNs不需要固定的网络支持,具有快速展开、抗毁性强等特点,具有十分广阔的应用前景。该项新技术引起了学术界和工业界的高度重视。无线传感器网络的路由协议是当前研究的热点之一。由于无线传感器网络具有区别于传统网络的特点,如节点能量、计算能力、通信带宽都严格受限,并且高度应用相关,已提出的大量路由协议不能适用于无线传感器网络,必须设计新的无线传感器网络路由协议。目前,适用于无线传感器网络的路由协议较多,对典型的分簇路由协议LEACH的研究也是当前研究的热点。本文首先针对无线传感器网络的特点,总结、比较分析了典型的路由协议的路由机制,同时从路由安全的角度,概述了无线传感器网络路由协议中常见的攻击类型,并对其安全性进行了分析。接着,详细分析了LEACH分簇路由协议,并且在NS2仿真平台中实现了LEACH协议的仿真,同时分析研究了LEACH路由协议的不同仿真参数对无线传感器网络的各项性能指标的影响。然后,本文建议性的提出了对LEACH协议的两种改进方案,分别针对LEACH协议的能量消耗和安全性进行了进一步的探讨。改进方案之一是基于LEACH的区域簇头选择簇间多跳传输(LEACH-ZMH)路由协议,它从簇头选择和数据传输两个方面进行了优化,有效的减少了LEACH路由协议中的能量消耗。通过在网络中划分区域,在区域范围内进行簇头选择,使得簇头分布更加均匀,从而达到减少成员节点与簇头节点数据传输能量消耗的目的;同时采用簇间多跳传输方式,减少了远离Sink节点的簇头进行数据传输时的能量,延长了网络的存活时间。改进方案之二是鉴于LEACH路由协议中缺乏对安全性的考虑,提出了一种适用于LEACH协议的安全解决方案,它在LEACH协议上添加了链路的双向性验证和节点身份认证两个过程,使其能够有效抵御LEACH协议中最容易遭受的攻击——HELLOFloods。本文通过仿真实验验证了LEACH-ZMH分簇路由协议在NS2仿真平台中实现的可行性,以及理论性的验证了适用于LEACH协议的安全解决方案的有效性。最后,对本论文的工作进行总结,并提出了本课题领域有待于进一步研究的问题。 本论文得到了国家自然科学基金项目(批准号:60672137,60773211),新世纪优秀人才支持计划项目(批准号:NCET-08-0806),教育部博士点基金项目(批准号:20060497015)和湖北省科技攻关项目(批准号:2007AA101C63)的资助。

2. 期刊论文 [张辉宜](#), [李明](#), [陶陶](#) [链-树型无线传感器网络路由协议](#) -[中国仪器仪表](#)2008(6)

无线传感器网络是由大量传感器节点组成的自组织网络,具有密集性和随意分布的特点,可实现恶劣环境下的数据监测。简要介绍两种典型的无线传感器网络路由协议,并结合两者的优点,提出一种新的基于能量效率的链-树型无线传感器网络路由协议。该协议可有效降低节点能耗,适合在大规模无线传感器网络和节点能量不均衡的网络中应用。

3. 学位论文 [赵元元](#) [无线传感器网络路由协议的研究与实现](#) 2007

随着传感器技术、微电子科技的发展,体积小、功耗低的电子器件和微控制器的不断进步,专业化的嵌入式操作系统的完善,无线传感器网络近年来得以快速的发展。无线传感器网络主要用于军事战场、科学研究、商业应用、工业控制、环境保护等,具有多方面的应用价值和广泛的应用前景。因此,各研究机构和标准化组织都加紧对其进行研究。虽然无线传感器网络和无线自组网很相似,但是无线传感器网络有其不同于无线自组网的本质特点,现有的无线自组网路由协议并不适用于其中,需要根据与无线自组网的区别来研究无线传感器的路由协议。本文主要探讨了无线传感器网络路由协议的设计,在对比了无线传感器网络和无线自组网的特点之后,对现有的无线传感器网络路由协议进行了分析研究,针对在专用于无线传感器网络的TinyOS操作系统下实现的需求和节约能量的需求,提出了AODV-PB(AODV Packet Broadcast)路由协议、静态定向扩散(Static-stateDirected Diffusion)路由协议和应用用于单片机系统的涟漪路由协议。在AODV-PB(AODV-reply broadcast)协议机制中,节点通过广播RREQ(RouteRequest)消息和RREP(Route Reply)广播回滚获取路由。通过使用端到端的泛洪应答方式消除单向链路问题。仿真验证了AODV-PB路由协议的在静态的无线传感器网络中,比现有的AODV路由协议有更小的能量消耗。本文中静态定向扩散路由的实现主要是针对基于梯度的算法进行改进,通过端到端时延的属性值对(AVP, Attribute Value Pair)方法结合定向扩散算法来减少密集大规模节点群扩散的高时延问题。利用数据融合技术,提高存在单向链路的无

线传感器网络维持时间。最后, 仿真验证了静态定向扩散路由协议的时延指标优于定向扩散路由协议。文中提出的涟漪路由协议是基于EM78815单片机系统的静态温度测量路由协议, 在实验系统测试条件下, 完成了基本的组网和路由功能。同时, 涟漪路由协议相比于AODV-PR路由协议和静态定向扩散路由协议, 能节约系统的存储资源。

4. 期刊论文 [范新运, 王福豹, 任丰原. Fan Xinyun, Wang Fubao, Ren Fengyuan 无线传感器网络的路由协议 - 计算机测量与控制](#)2005, 13(9)

无线传感器网络是一种全新的信息获取和处理技术, 路由协议是其组网的基础: 在综合大量路由协议和算法文献的基础上, 对现有的无线传感器网络路由协议进行了归纳, 初步对其进行分类, 介绍了几个典型的方案, 并对各种方案进行了分析, 指出了其优缺点和发展趋势。

5. 学位论文 [韩小明 基于非均匀分簇的无线传感器网络能量感知路由协议](#) 2009

无线传感器网络综合了传感器技术、微型机电系统(MEMS)、无线通信技术、分布式信息处理和嵌入式计算等技术, 能够协作地完成实时监测、感知和采集监测对象的信息, 并对其进行处理, 传送到用户终端。无线传感器网络具有广阔的应用前景, 已经引起了众多学者的研究兴趣, 并逐渐成为了近年来的研究热点之一。典型的无线传感器网络由大量廉价的传感器节点所构成, 相互之间通过无线方式进行数据通信。这些传感器节点可以通过其携带的各种类型的传感器采集现场的各种数据, 并以接力的方式通过其它传感器节点将采集到的数据逐跳发送至汇聚节点。因此, 要求无线传感器网络必须具备自组织能力, 能够解决传感器节点间的路由问题。由于传感器网络中节点数量庞大, 单个节点资源极其有限, 因此, 有效节约能量, 延长网络寿命是无线传感器网络路由协议的首要目标。无线传感器网络路由技术是无线传感器网络的关键技术之一。本文首先对无线传感器网络路由协议的技术特点和设计目标进行了研究, 并讨论了路由协议的评价标准。根据网络拓扑结构将路由协议分为平面型路由协议和层次型路由协议, 分别介绍了几种典型的平面型路由协议和层次型路由协议。分簇路由协议通常采用随机分簇策略和簇头轮换策略, 一方面可以减少与汇聚节点通信的节点数, 节省节点能量, 另一方面可以使簇头在簇成员之间轮换, 平衡簇内节点的能量消耗, 能在一定程度上延长网络的寿命。本文分析了传统分簇路由协议中存在的问题, 如簇间能量不平衡和簇头轮换周期难以确定等问题, 针对这些问题, 本文引入了非均匀分簇策略和基于能量阈值的簇头轮换机制, 提出了基于非均匀分簇的无线传感器网络能量感知路由协议(EUCRP), 并阐述了协议的基本思想和详细执行过程。最后, 在NS2平台中对协议进行仿真实验。仿真实验从网络总能耗和节点存活率两个方面对EUCRP与LEACH的性能进行比较与分析。实验结果证明, EUCRP可以在网络总能耗较高的情况下能获得较好的能耗均衡性能, 从而延长网络的寿命。

6. 期刊论文 [毕俊蕾, 任新会, 郭拯危. BI Jun-lei, REN Xin-hui, GUO Zheng-wei 无线传感器网络路由协议分类研究 - 计算机技术与发展](#)2008, 18(5)

无线传感器网络具有与传统网络不同的特点, 且与应用高度相关。传统网络及移动自组织网络的路由协议不能有效地用于无线传感器网络, 因而研究人员提出了众多的路由协议。在介绍了无线传感器网络的特点及路由协议设计的关键问题之后, 总结分析了现存的路由协议的分类方法, 并对各类路由协议从路由策略、路由协议的特点、性能等多方面进行了对比分析, 指出了各类路由协议的优缺点及其包含的路由协议。最后总结出未来的研究热点和发展趋势。

7. 学位论文 [傅斌 无线传感器网络路由协议的改进与实现](#) 2009

无线传感器网络是一种全新的信息获取和处理技术, 它集成了传感器、嵌入式计算、网络和无线通信四大技术。作为对人类未来生活产生深远影响的十大新兴技术之首, 在军事、医疗、空间探索、环境监测以及工业、民用和家庭网络等领域具有广泛的应用前景。无线传感器网络通过放置在一定区域内的传感器节点采集需要的检测数据, 并对数据进行加工处理、通过自组织多跳路由的网络传送给监察者, 使得监察者可以及时准确地了解这个地区内需要的信息和数据。无线传感器网络虽然拥有广阔的应用前景, 但是由于诸如处理能力、储存容量、节点能源以及带宽等的约束, 它的大规模应用还存在许多需要解决的困难, 设计一个满足需要的高效路由协议是目前面临的一个主要问题。本文首先介绍了无线传感器网络的研究背景、应用前景及国内外研究现状。无线传感器网络的特点, 研究了路由协议的分类, 分析和比较了当前国外学者提出的几种有代表性的路由协议及其性能和优缺点。之后详细介绍和分析了涟漪路由协议, 并在此基础上, 通过改进其不足之处提出一种新的适用于无线传感器网络的路由协议——聚路由协议。涟漪路由协议采用了数据融合技术, 减少了传输数据的冗余性, 节省了能量, 延长了网络的生存时间; 给发送hello帧设定了一些限制条件, 减少了不必要的路由开销; 增加了邻居表的数量, 避免了由于邻居表不足而造成的不必要的数据转发甚至于分析入网情况的发生。然后在OPNET平台上对涟漪路由协议和涟漪路由协议进行了仿真, 对这两个协议进行测试, 比较分析测试结果。仿真结果表明, 涟漪路由协议在网络生存期、网络交付率、路由协议开销3个方面的性能比涟漪算法有明显提高。最后在基于CC1010搭建的无线传感器网络实验平台上对涟漪路由协议进行了具体实现。并设计了多个实验对协议进行了验证和测试。实验结果表明, 该协议能满足无线传感器网络低速率应用如采集温度的需要, 扩展性方面性能良好, 达到预期目标, 这对于无线传感器网络的路由协议的进一步研究具有较强的使用价值。

8. 学位论文 [杜军朝 无线传感器网络节能介质访问控制协议与可靠路由协议研究](#) 2008

无线传感器网络有着广阔的应用前景和重大的应用价值, 逐渐引起军方、工业界和学术界的高度关注。本文主要研究无线传感器网络中节能介质访问控制协议与可靠路由协议。介质访问控制协议处于传感器网络协议的底层, 对传感器网络的性能有较大影响。本文针对一个部署在十字路口的无线传感器网络的交通安全应用, 分析了应用相关、面向事件、多模式的无线传感器网络应用的需求, 设计和实现了一个节能介质访问控制协议: App-MAC。App-MAC支持基于优先级的事件传输, 维护了事件之间和节点之间的公平性, 提高了信道资源利用率, 最主要的是减少了节点的能量损耗。App-MAC结合了基于竞争的和基于预约的MAC协议的优点, 来仲裁信道访问。其信道竞争和信道预约算法, 可根据应用程序的要求以及当前事件的状态自适应地分配信道时隙。为了评价App-MAC的性能, 本文先使用TOSSIM模拟器仿真, 然后使用伯克利TeiosB节点在真实环境中实验。性能评价采用了5个评价指标(平均事件传输延迟、事件公平指数、节点公平指数、信道有效利用率和有效能耗), 分析比较了App-MAC与三个经典的MAC协议(S-MAC、TDMA和TRAMA)。实验结果表明, App-MAC的性能明显优于其它的协议。其中, 平均事件传输延迟降低了58%~84%(模拟)或4%~75%(实验); 信道利用率提高了122%~520%(模拟)或13%~58%(实验); 有效能耗提升了55%~79%(模拟)或46%~59%(实验)。无线传感器网络的路由协议具有很强的应用相关性, 没有一个通用的路由协议能够适用于所有的应用。设计应用相关、节能、可靠的路由协议是无线传感器网络中的一个重要的研究方向。而无线传感器网络中, 链路通信质量随时空变化很大, 研究发现在实际部署的传感器网络中有5%到15%的非对称链路存在。这些链路特征影响了路由协议的性能。另外, 传感器网络中存在路由洞, 路由洞会影响路由协议的可靠性。本文主要针对链路质量和路由洞问题, 设计了节能、可靠的路由协议。针对链路质量的路由协议设计包含以下三个内容。首先, 针对链路质量, 设计和实现了链路层服务。在该服务中, 采用主动探测和被动监听技术发现无线传感器网络中节点的入邻居和出邻居, 采用WMEWMA预测邻居间链路最近的信息质量。为减轻非对称链路对路由协议的影响, 提出了链路数据转发服务, 来发现由于单向链路存在而不能被发现的出邻居。通过理论分析和在无线传感器网络模拟器TOSSIM上的模拟表明, 链路层服务能有效进行邻居发现和邻居间链路通信质量的预测, 使多于40%的节点能发现更多的出邻居节点, 多发现的出邻居节点数目比例在14%~100%之间。其次, 在链路层服务的基础上, 采用分布式算法, 为每个传感器节点建立了到汇聚节点的单链路可靠路由路径, 然后从理论上分析了算法的性能, 并在TOSSIM上进行了模拟。模拟结果表明, 基于链路层服务的单链路可靠路由协议, 不仅可以有效的避免建立断路路由路径, 还可以充分利用单向链路来建立更可靠的单链路路径, 有多于17%的节点建立了更可靠的单链路路由路径, 路由路径的可靠性提高了2%~51%。更进一步, 受到机会路由协议的启发, 在链路层服务的基础上, 提出了机会多链路可靠路由协议: OMR。OMR采用跨层设计方法, 集成了路由协议和MAC协议的功能, 提高了数据报文的传输速率, 缩短了传输时延, 同时降低了无线传感器网络中多跳路由中的能量损耗。针对路由过程中的每一跳, OMR利用广播接收的机会特性, 只有当这一跳的数据报文发送出去以后, 才开始选择这个数据报文的下一条路由节点。OMR路由选择的依据是, 下一跳节点恰好接收到这个数据报文, 并且它能够以最高的概率把这个数据报文转发到它的下一跳节点。在OMR中, 节点之间协作以保证数据报文的单跳可靠转发, 同时避免由于盲目的洪泛所产生的多余的转发数据报文。OMR协议通过中间节点的协作转发和自动重发, 以及汇聚节点启动的重发机制保证了端到端数据传输的可靠性。不同跳数的节点共享邻接节点间的数据报文信息和确认信息, 从而减少了能耗以及非对称的链路所带来的影响。通过TOSSIM进行模拟表明, OMR比其它传统的路由协议的性能优越。针对路由洞问题的路由协议设计包含两个内容。针对路由洞问题, 首先提出了采用右手规则确定路由洞的位置和它的边界节点的算法。针对传感器节点平面分布图中不规则路由洞, 提出采用基于右手规则的路由洞边界节点分类算法, 以及采用逐行扫描的路由洞面积估算算法。路由洞面积信息可用来指导路由协议的设计以及传感器节点的进一步部署。然后, 针对路由洞和无线传感器网络应用的其它需求, 设计了扩展性好、负载均衡、容错、节能的路由协议: WEAR。WEAR考虑了四个影响路由的因素, 即到目的地的距离、传感器节点目前能量储备、全局的位置信息和局部的路由洞信息。所有的这些因素集成起来作为WEAR协议的权重。为了进一步有效的处理路由洞的问题, 本文提出了一个可扩展的、与洞大小无关的路由洞定位和维护协议。为了评价

所提出的WEAR路由协议的效率和有效性,定义了八个通用的性能评价指标以评价无线传感器网络的路由协议。基于这些性能评价指标,详细的模拟结果显示,和GPSR相比较,WEAR将传感器网络的生命周期延长了15%,对响应成功率提高了多于7%;和GEAR相比较,WEAR对所有的性能评价指标都比GEAR优越。

9. 期刊论文 [赵强利](#). [蒋艳凰](#). [徐明](#). [ZHAO Qiang-li](#). [JIANG Yan-huang](#). [XU Ming](#) [无线传感器网络路由协议的分析与比较](#) -[计算机科学](#)2009, 36(2)

无线传感器网络的路由协议设计与传统的无线ad-hoc网络有很多不同,资源高度受限和结点失效频繁是其面临的两大挑战,相关技术研究已经成为无线传感器网络研究中的热点.对近年来无线传感器网络路由协议的研究成果进行归纳、分析和比较,介绍了无线传感器网络的特点以及影响其路由协议设计的关键因素.根据协议的实现特点将无线传感器网络路由协议分为5类,对每一类涉及的重要协议进行详细阐述与分析,最后对这些协议的特点进行归纳和比较,并展望了未来这一研究方向的发展趋势。

10. 学位论文 [张小庆](#) [基于簇结构的无线传感器网络路由协议的研究与仿真](#) 2009

作为一种新的信息获取方式,无线传感器网络(WirelessSensorNetworks,简称WSNs)已成为通信领域备受关注的研究热点。无线传感器网络是一种新型的无基础设施的无线网络,能够协作地实时监测、感知和采集各种环境或监测对象的信息,并对其进行处理,通过无线通信方式把信息传送到基站。它不需要固定的网络支持,具有快速展开、抗毁性强等特点,具有十分广阔的应用前景。无线传感器网络路由协议是当前研究热点之一。传统有线网络的路由协议已经不再适应无线传感器网络动态变化的拓扑结构,必须设计新的无线传感器网络路由协议。目前,适用于无线传感器网络的路由协议较多,对典型的分簇路由协议LEACH的研究也是当前研究的重点。本文首先概述了无线传感器网络的概念,特点,应用领域和关键技术,其次介绍了无线传感器网络中典型的路由协议,然后着重对LEACH协议的原理和运行机制进行了说明,分析了该协议的优缺点,并进行了改进。结合LEACH协议在簇头选择和单跳通信方面的缺陷,本文提出了改进思路:以基站为中心建立无线传感器网络环境,节点随机分布于基站附近的矩形区域。首先将网络划分为若干扇形区域,根据一定标准选取部分节点作为簇头的候选节点,根据不同的竞争半径选出最终的簇头,然后根据信号强度建立大小非均匀的簇。簇头选举采取分布式算法。改进思路在NS2仿真软件下进行了实验,结果表明:改进后的协议比LEACH有了明显的改善,更加适用于大规模网络。本文共分为7章,各章内容可归纳如下:第1章引入了无线传感器网络的概念,介绍了无线传感器网络的特点,应用前景及关键技术,同时介绍了本课题的来源及研究意义,最后论述了本文的工作和创新点。第2章介绍了无线传感器网络的典型路由协议。第3章论述了LEACH路由协议运行机制和该协议的优缺点。第4章介绍了网络仿真软件NS2。第5章对几种典型的路由协议进行了仿真实验,并且分析比较了实验结果。第6章基于LEACH的缺陷,提出了一种基于层次的多跳非均匀分簇路由协议方案,同时在NS2上对改进前后协议进行了比较。第7章对全文进行了总结,并对未来的工作进行了展望。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_cgjsxb200812022.aspx

下载时间: 2010年4月15日