

Energy-Efficient Optimal Multipath Routing Protocol for Wireless Sensor Networks

CHEN Jie, YI Ben-shun*

(School of Electronic Information, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: We propose an energy-efficient optimal multipath routing protocol (EEOR) to improve the shortcomings of single path schemes that can not obtain the ideal effect in some multimedia transmission applications. In this protocol, maximum multipaths are found by message exchanges between the neighbors and a multipath selection mechanism is introduced to eliminate the meaningless paths. In the process of multipath finding, reducing end-to-end delay is firstly considered and then keeping the energy balance of the network. The simulation results reveal that our scheme has longer network lifetime, higher reliability, lower end-to-end delay and control overhead than other two routing protocols.

Key words: wireless sensor networks; multipath routing; message exchange; end-to-end delay; energy balance

EEACC:6150M

一种低功耗无线传感器网络多径路由优化协议

陈杰, 易本顺*

(武汉大学电子信息学院, 武汉 430079)

摘要: 针对无线传感器网络多媒体传输应用中, 单通道路由方案无法获得理想效果的问题, 提出了一种低功耗多径路由优化协议(EEOR)。在这个协议中, 通过邻居之间的消息交互建立最大化多路径, 并引入了多路径选择机制来剔除无意义的路径。在多路径建立过程中, 首先考虑降低端到端延迟, 其次维护网络的能量平衡。仿真结果显示, 提出的方案与其他两种路由协议相比网络生命更长、可靠性更高、端到端的延迟和控制开销更低。

关键词: 无线传感器网络; 多路径路由; 消息交互; 端到端延迟; 能量平衡

中图分类号: TP393

文献标识码: A 文章编号: 1004-1699(2008)12-2055-06

在进行 ad hoc 网络应用系统结构设计时, 设计和改进有效的路由协议是所面临的挑战之一。对于无线传感器网络 (wireless sensor networks, WSNs), 其节点所具有的有限的计算能力、存储能力、电源能量以及通信带宽等与传统无线网络终端不同的特点对协议设计提出了特殊的要求。自 1999 年以来, 研究者们已经提出了一些基本的路由协议, 如 flooding、directed diffusion(DD) 等。从那以后, 在基本路由协议的基础上, 一些先进的路由协议相继提出^[1]。其中, 绝大部分的协议只是建立到汇聚节点的单一通道来传送数据, 根据如梯度信息、距汇聚节点跳数、路径上节点剩余总能量以及路由传输能量消耗等度量来选择一条到汇聚节点最理想

的路径。

然而, 在 WSNs 的许多实际应用中, 单路径总是无法满足网络数据通信的性能需求。近年来, 为了提高 WSNs 的可靠性、容错性、鲁棒性以及安全性, 降低数据传输端到端延迟, 实现网络的负载平衡, 研究者们提出了多路径路由策略。在这些网络中, 可以应用多条路径轮流进行数据的传输, 保持整个网络的能量平衡; 也可以在最佳路径上进行数据发送, 其他路径作为备用路径进行故障恢复, 一旦发现最佳路径失效, 便使用备用路径来传输数据; 还可以在多路径上进行数据的并行发送, 提高数据传输的可靠性^[2], 而这种思想在一些对数据传输的可靠性和端到端延迟要求较高的

WSNs 多媒体传输应用场合中具有非常重大的意义^[3-5]。

近年来,研究者们已经提出了许多多路径路由方案^[6-7],大多数协议都存在复杂度高以及多路径发现能力弱等缺陷,致使更优的多条路径可能尚未发现。文献[8]提出了一种分布式 N-to-1 多路径发现协议,建立了普通节点到汇聚节点大量的路径。然而,在这个方案中,节点之间通过大量的信息交互才能完成路由建立;同时,节点需要使用大规模的存储空间来保存网络局部拓扑结构;此外,多路径建立完成后,许多路径因延迟长、能耗大的特点实际毫无意义。

本文提出了一种无线传感器网络低功耗多径路由优化协议(EEOR),在这个方案中,传感器节点无需知道网络拓扑而只需维护一个包含邻居节点能量级和路由信息的路由表。协议通过邻居之间的消息交互建立路径,并引入了多路径选择机制来剔除无意义的路径,只保留相对较优路径。在路径发现过程中,首先考虑降低端到端延迟,其次保持网络的能量平衡,其在无线传感器网络多媒体传输或目标跟踪的应用中能获得很好的效果。

1 低功耗最优化多径路由协议

1.1 网络模型

假定网络中随机分布 M 个传感器节点及一个汇聚节点,传感器节点具有相同的较低的处理、存储及通信能力,而汇聚节点具有较强的能力且电源能量认为是足够的。所有的节点都是静止的,EEOR 协议不支持可移动性网络。本文认为传感器节点能够获知自身剩余能量信息,并在广播消息时将此信息附带其中,而向邻居节点通告。当节点的剩余能量低于某个预设值时,便认为这个节点失效,在之后的通信传输过程中将不可用。

对于某条路径 p ,整条路径的通信代价 p_{cost} 很明显为路径上所有邻居节点对通信能量消耗的和:

$$p_{\text{cost}} = C_{12} + C_{23} + \dots + C_{i(i+1)} \quad (1)$$

其中, $C_{i(i+1)}$ 为邻居节点对 i 和 $i+1$ 的通信能量消耗。

1.2 EEOR 协议

为了适应网络动态变化,汇聚节点每隔一定的周期发起一次路由发现过程,整个网络执行一次 EEOR 算法;当路由发现过程结束时,EEOR 路由协议在每个传感器节点与汇聚节点之间建立多条路径。算法中涉及到如下定义。

定义 1 分支(branch)单汇聚节点传感器网

络的数据收集过程可以形成一个植根于汇聚节点的路由树,普通节点根据所建立的到汇聚节点的梯度关系向汇聚节点传递数据,所发送数据经过相同汇聚节点的某个邻居节点的一些节点形成一个分支。经常以这个邻居节点的编号作为此分支的分支号。

定义 2 兄弟节点(brother node)如果节点在与其不同的某条分支上只存在一个邻居节点,这个邻居节点称为节点的兄弟节点。当这种邻居节点存在多个时,选取离汇聚节点跳数最近的作为兄弟节点;而当跳数相同时,剩余能量最多的作为兄弟节点。

定义 3 最优兄弟节点(optimal brother node)节点的所有兄弟节点中离汇聚节点跳数最近的为这个节点的最优兄弟节点,当跳数相同时,剩余能量最多的为最优兄弟节点。

定义 4 最优邻居节点(optimal neighbor node)将节点的最优兄弟节点和父节点进行比较,离汇聚节点跳数最近的为这个节点的最优邻居节点,当跳数相同时,剩余能量最多的为最优邻居节点。

整个算法工作过程可分为如下四个阶段:初始化阶段、路径扩展阶段、汇聚节点感知阶段以及路径建立阶段。

(1) 初始化阶段

初始化阶段的路由发现消息的形式为 $\{mtype, mseq, nid, nlevel, bid, hop\}$,各域的定义如表 1 所示。

表 1 初始化阶段路由发现消息各域的定义

| 域 | 定义 |
|--------|----------------|
| mtype | 消息类型 |
| mseq | 消息序列号 |
| nid | 消息发送节点的 ID 号 |
| nlevel | 消息发送节点标准化能量级 |
| bid | 分支号 |
| hop | 消息发送节点距离汇聚节点跳数 |

在起始时刻,汇聚节点根据路由发现消息的形式形成并广播一条 INITIAL 消息 $\{INITIAL, mseq, sink, \phi, 0, 0\}$, ϕ 表示汇聚节点的能量为无限。节点收到 INITIAL 消息的处理算法如图 1 所示,当节点对收到的新消息处理更新完毕后,会广播该信息并启动一个定时器(timer),如果在一段合理的时间内没有收到答复,节点会标记自己为树叶节点。由算法可知,网络中的节点通过主路径(leading paths)构建了网络的拓扑结构,形成了一个植根于

汇聚节点的路由树。

```

Algorithm 1: 初始化阶段消息处理算法
1 begin
2 if mseq is new then
3   answer with node ID
4   parent ← nid
5   if bid ≠ 0 then
6     branch ← bid
7   else branch ← node ID
8   create a new entry in the routing table
9   record the nid, nlevel, bid and hop fields and
   mark it a leading path
10  nid ← node ID
11  nlevel ← node energy level
12  if hop = 0 then
13    bid ← node ID
14    hop ← hop + 1
15  broadcast the INITIAL message and start a timer
16 else
17  if branch ≠ bid then
18    create a new entry in the routing table
19    record the nid, nlevel, bid and hop fields and
   mark it a alternate path
20  if there is another alternate path that has the
   same bid attribute then
21    if the hop attribute is same then
22      remove the entry that has the lower nlevel
23    else
24      remove the entry that has the higher hop
25  else drop the message
26 end

```

图 1 节点收到 INITIAL 消息的处理算法

如图 2 中所示网络,圆代表节点,圆内的数字为节点的 ID 号,应用带箭头的线条来表示消息的传输方向,实线表示建立的主路径,编号为“1”的虚线代表初始化阶段发现的可选路径。很明显,节点发送数据的方向为箭头的反方向。由分支的定义可知,网络包含四条分支,分支号分别为 1、2、3、4。

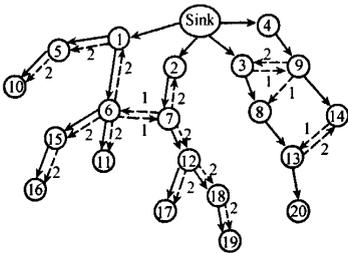


图 2 网络拓扑以及可选路径

(2) 路径扩展阶段

从图 2 中所示网络实例可以看出,经历初始化阶段后,除了少数有兄弟节点的节点与相邻分支建立了梯度关系,发起了到汇聚节点的多条路径外,大

部分节点只能通过主路径向汇聚节点传送数据,为使所有节点与多个分支建立关系,弥补初始化阶段路由发现能力的不足,为每个节点补充一些不相交路径,引入路径扩展阶段。此阶段由拥有可选路径的节点发起,路由发现消息形式及各域定义与初始化阶段相同,对于每个在初始化阶段发现的可选通道,节点形成一条路由发现消息 {EXTENSION, mseq, nid, nlevel, bid, hop} 并向邻居广播。节点收到这类消息的处理算法与初始化阶段中收到旧消息时的处理算法相同,当处理完毕后,形成一条新的消息 {EXTENSION, mseq, N, N. nlevel, bid, hop+1} 并广播。图 2 中编号为“2”的虚线说明了消息的传播情况。

(3) 汇聚节点感知阶段

此阶段的目的是为了使汇聚节点获知网络的拓扑结构,以最小的消息交换开销完成网络数据查询或节点通知任务。这个阶段的路由发现消息形式为 {mtype, mseq, nid, bid, path}, mtype, mseq, nid 及 bid 的定义如表 1 所述, path 域为消息自身在传输过程中所经历节点的 ID 组成的序列。树叶节点 lfn 首先确定最优兄弟节点,然后向其这个节点和父节点分别单播消息 {AWARE, mseq, lfn, lfn. bid, lfn}。

当节点收到一条 AWARE 消息后,先检查自己是否已在 path 域中,如果已经包含在这个域中则丢弃该消息;如果不在,则更新 nid 和 bid 域,并将自身的 ID 号加到 path 序列之后,然后同树叶节点一样向最优兄弟节点和父节点单播此消息。

(4) 路径建立阶段

通过前三个阶段,普通节点和汇聚节点之间便建立起了多径路由,利用这些路径,双方可以进行数据报文的发送。实际上,当考虑如端到端延迟、开销等性能参数时,有些路径是不可取的,在其上进行报文的发送,不仅不会改善通信的可靠性,而且只会增加报文发送的开销及网络拥塞。EEOR 协议提供了多路径选择机制以避免无意义的通道发送。

当一组节点探测到事件后,所选源节点发起路径建立过程,消息形式为 {mtype, mseq, nid, sourceID, routeID, cost}, routeID 域区分了不同的路径而 cost 域对路径上节点的开销进行了求和, sourceID 为源节点的 ID 号。此阶段起始,源节点 sn 向主路径和每条可选路径单播路由发现消息 {SEARCH, mseq, sn, sn, routeID, sn. cost}, 每条路径上的消息对应一个唯一的 routeID 值,以对不同的路径进行区分。消息发送后,sn 将会记录所有

routeID 值以及每个值所对应的邻居节点。普通节点收到消息后的处理算法如图 3 所示,当选取下一跳节点(next hop node)时,应选择在本次路由建立过程中未被选择的最优邻居节点作为下一跳节点。

Algorithm 2: 路径建立阶段普通节点消息处理算法

```

1 begin
2 if there is a entry in the routing table that
   has the same sourceID and routeID then
3   discard the message
4 else
5   create a new entry in the routing table
6   record the routing
7   choose a neighboring node as its next hop node
   and add it to the corresponding entry
8   nid ← node ID
9   cost = cost + node.cost
10  forward the message to the next hop node
11 end

```

图 3 节点收到 SEARCH 消息的处理算法

对于汇聚节点,当第一次接收到来自 sn 的路径建立消息时,将建立新的路由表项来存储 sn 所发各条消息并启动一个定时器。定时器超时,汇聚节点根据网络拓扑选择最短跳数路径给 sn 发送分配消息,通知 sn 目前所接收到的 routeID,其后所接收的路径建立消息因为延迟较长将被丢弃。发生延迟的原因可能是网络拥塞和网络中断引起多次数据重发、传输跳数过大等,多路径选择机制的引入能使报文发送有效的避开网络环境恶劣的区域,剔除端到端延迟长的路径,保证了报文传输的可靠性和实时性,同时,也减少了网络拥塞、避免了网络无意义的能量消耗,使算法的节能效果能较好的适应网络的动态变化。

2 性能分析与仿真

应用 NS-2 对 EEOR 算法进行了仿真,并与 DD 和文献[8]提出的 H-SPREAD 协议在控制开销、网络生存时间以及端到端延迟三个性能参数上进行了比较。

2.1 仿真参数

假设传感器节点随机分布在 160 m × 160 m 的范围内,普通节点的初始能量设为 100 000 mW,汇聚节点的能量是普通节点的 10 倍,通信半径均为 10 m,规定发送或接收的通信能量消耗为 100 mW。给每个传感器节点引入全方位天线,并采用 NS-2 中提供的带宽为 1.6 Mbit/s 的 IEEE 802.11 作为节点信道接入协议。

网络起始多径路由建立过程结束后,汇聚节点

向某个节点发送数据查询消息,节点便发送 500 个数据包,且每个包的尺寸为 64 byte。当接收到最后一个数据包后,汇聚节点发送另外一个查询消息。整个仿真过程,汇聚节点共发送 10 次查询消息。

在仿真实验每次性能测试中,考虑了五种不同的网络规模,节点数分别为 50、70、90、110、130 和 150。对于每种网络规模,每个性能参数的实验结果都是 10 次实验的平均值。

2.2 结果和分析

从阶段 1 和阶段 2 算法可见,由于阶段 1 只是建立了少数节点到邻居分支的梯度关系,而阶段 2 在每个节点与多个分支之间建立了关系,因此,阶段 2 所建立路径的总数与阶段 1 相比将大为增加。图 4 显示了实验得到的这两个阶段各自所建立的路径总数。从这个图可以看出,路径扩展阶段能在初始化的基础上发现更多的可选路径,节点度越高,发现的可选路径的单位增量就越大。此阶段多路径的建立主要是通过邻居节点之间进行信息交互而完成的,尽管较多的信息交互会消耗大量的能量,但以此为代价能在普通节点与汇聚节点之间建立起大量的路径。

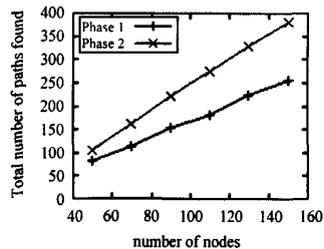


图 4 不同阶段的路径发现

图 5 所示为 EEOR 算法与 DD 及 H-SPREAD 在控制开销、网络生存时间及端到端延迟上所作的性能比较。从图中可以看到,多径路由相对于单路由具有较大的性能优势,而 EEOR 算法比 H-SPREAD 算法性能优越。图 5 (a)对算法的控制开销进行了比较,其是通过计算节点所处理的控制消息的平均值与汇聚节点所接收到的数据报文的比率得到的,尽管算法都需要周期性的广播以发起路径建立过程,然而 DD 在发送和接收控制消息上的开销相比另外两种协议更多,这是因为 DD 在路径加强阶段之前除汇聚节点的兴趣广播外还需要对采集到的与兴趣匹配的数据进行泛洪传播,网络需要大量的控制开销。H-SPREAD 与 EEOR 都要利用路径扩展阶段来探索更多的路径,然而,在这个阶段中,H-SPREAD 算法允许控制消息环绕传递一次,

造成一些节点到汇聚节点路径部分重叠或相交, 而 EEOR 不允许此种情况的发生, 使其有更低的控制信息开销, 为数据发送节省了大量的能量。

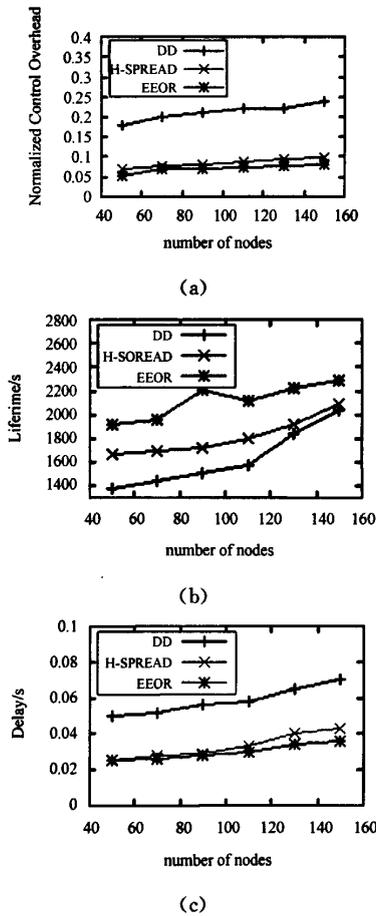


图 5 各种算法的性能比较

EEOR 算法最显著的性能改进是延长了网络的生存时间。从图 5 (b) 可知, 算法相比而言有较大的改善。DD 在控制消息的交互上有较大的开销, 同时, 算法未考虑节能以及网络的能量平衡性, 单路径上节点的能量将较易耗尽, 因此, 在网络的生存时间性能较差。H-SPREAD 协议进行了节能设计, 只保留能量消耗相对小的路径, 因此, 网络生存时间比 DD 长。然而, 协议没有考虑网络能量的平衡性, 同时, 普通节点在建立的所有路径上都进行数据的发送, 较易造成网络拥塞并使较多能量消耗在网络环境恶劣区域的重传上, 且这一问题会随着网络规模的增大而恶化。EEOR 协议路径建立过程考虑了网络能量的平衡性, 并对发现的路径进行优化选择, 改进了 H-SPREAD 协议中的缺陷, 延长了网络的生存时间。

图 5 (c) 显示了数据发送平均延迟的结果。正

如预料, 多路径路由协议相对单路径而言具有较低的端到端延迟。利用单路径进行数据的传输, 如果所建路径经过网络拥塞或中断区域, 通信的实时性得不到保证, 可靠性也将受到威胁; 而多径传输通过多条备选路径进行通信, 所有路径发生延迟的概率较小, 实时性和可靠性都大为改善。H-SPREAD 协议在所有路径上进行数据的传送容易使得路径之间相互影响, 引起网络拥塞以及延迟, 节点度越高效果越明显, 因此, H-SPREAD 的延迟曲线随着节点度的增加斜率也相应增加。EEOR 引入了多路径选择机制, 从所有路径中选择少量低延迟路径进行通信, 实时性能得到保证, 并且随着节点度的增加, 算法能对延迟进行有效控制。

3 结论

本文提出了一种多通道路由协议, 以改善无线传感器网络的性能。其简单实用、计算和存储能力要求低, 容错性高, 并能较好的适应网络的动态变化。协议在普通节点和汇聚节点之间建立优化多路径, 通过这些路径发送多媒体数据流。路径扩展阶段的引入能够最大化路径数, 而多路径选择机制的采用可以剔除延迟长及能耗大的路径, 确保数据发送的可靠性, 保证网络的低延迟和低功耗。仿真结果证实提出来的方案有很好的性能。然而, 最大化路径数是以邻居节点之间大量的信息交互为代价的, 虽然所设计协议的控制开销相对有所降低, 但是仍然较大; 协议进行可选路径的探索时加入了对网络能量平衡进行维护的考虑, 收到了一定的效果, 但能力还相对较弱, 设计高效全局的能量平衡维护机制是今后有待改进的地方; 另外, 多路径选择机制的引入虽能给协议性能带来许多改善, 但其还不够完善, 除考虑路径的延迟外, 还应该权衡路径的开销等多个因素, 设计合理完善优化的多路径选择机制也是今后有待改进的地方。

参考文献:

- [1] Jung Sung-Min, Han Young-Ju, Chung Tai-Myoung. The Concentric Clustering Scheme for Efficient Energy Consumption in the PEGASIS[C]// Proceedings of 9th International Conference on Advanced Communication Technology. 2007; 260-265.
- [2] 张晶晶, 何荣希, 陈玉飞. 无线传感器网络多径路由协议综述 [J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(22): 5417-5420.
- [3] Kwong M D, Cherkaoui S, Lefebvre R. Multiple Description and Multi-Path Routing for Robust Voice Transmission Over ad Hoc Networks[C]// IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing. 2006; 262-267.

- [4] Venkat Raju G, Reddy T B, Siva Ram Murthy C, et al. On Supporting Real-Time Speech Over Ad Hoc Wireless Networks[C]// 14th IEEE International Conference on Networks. 2006, 1-6.
- [5] Charfi Y, Wakamiya N, Murata M. Network-Adaptive Image and Video Transmission in Camera-Based Wireless Sensor Networks[C]// First ACM/IEEE International Conference on Distributed Smart Cameras. 2007, 336-343.
- [6] 于继明, 卢先领, 杨余旺, 等. 无线传感器网络多路径路由协议研究进展[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(6): 1-3.
- [7] 于海斌, 李邦祥, 曾鹏, 等. 用于工业监测的无线传感器网络多路径路由协议[J]. 控制与决策, 2008, 23(5): 575-580.
- [8] Lou Wen-Jing, Kwon Younggoo. H-SPRRAD: A Hybrid Multipath Scheme for Secure and Reliable Data Collection in Wireless Sensor Networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2006, 55(4): 1320-133.



陈杰(1982-),男,武汉大学电子信息学院博士研究生,主要研究方向为无线传感器网络, Jay35781812@163.com



易本顺(1965-),男,武汉大学电子信息学院教授,博士生导师,工学博士,研究方向为无线通信网络与多媒体信息处理, yibenshun@126.com

一种低功耗无线传感器网络多径路由优化协议

作者: [陈杰](#), [易本顺](#), [CHEN Jie](#), [YI Ben-shun](#)
 作者单位: [武汉大学电子信息学院, 武汉, 430079](#)
 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: 1次

参考文献(8条)

1. [Jung Sung-Min, Han Young-Ju, Chung Tai-Myoung](#) [The Concentric Clustering Scheme for Efficient Energy Consumption in the PEGASIS](#) 2007
2. [张晶晶, 何荣希, 陈玉飞](#) [无线传感器网络多径路由协议综述](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2007(22)
3. [Kwong M D, Cherkaoui S, Lefebvre R](#) [Multiple Description and Multi-Path Routing for Robust Voice Transmission Over ad Hoc Networks](#) 2006
4. [Venkat Raju G, Reddy T B, Siva Ram Murthy C](#) [On Supporting Real-Time Speech Over Ad Hoc Wireless Networks](#) 2006
5. [Charfi Y, Wakamiya N, Murata M](#) [Network-Adaptive Image and Video Transmission in Camera-Based Wireless Sensor Networks](#) 2007
6. [于继明, 卢先领, 杨余旺, 孙亚民, 杨静宇](#) [无线传感器网络多路路由协议研究进展](#)[期刊论文]-[计算机应用研究](#) 2007(6)
7. [于海斌, 李邦祥, 曾鹏, 王军](#) [用于工业监测的无线传感器网络多径路由协议](#)[期刊论文]-[控制与决策](#) 2008(5)
8. [Lou Wen-Jing, Kwon Younggoo](#) [H-SPRRADsA Hybrid Multipath Scheme for Secure and Reliable Data Collection in Wireless Sensor Networks](#) 2006(4)

相似文献(10条)

1. 学位论文 [于继明](#) [无线传感器网络基于分簇的多路路由算法研究](#) 2008

随着微机电技术、传感技术、通信技术、嵌入式系统技术、分布式信息处理技术和网络技术的发展, 易分布、低功耗的无线传感器网络研究在世界范围内越来越受到重视。在军事、商业等领域具有广阔的应用前景。与传统的计算机网络相比, 它具有能量受限、计算能力受限、多跳通信、无中心自组织及拓扑动态变化等特点。它是一种面向应用的以数据为中心的网络, 因此, 传统网络的路由机制并不适用于无线传感器网络, 必须设计与之相应的路由机制。在一些应用场合, 需要无线传感器网络节点能快速的自组织成一个连通可靠的网络, 提供数据分组稳定、高吞吐量、能量高效的传输。本文主要研究无线传感器节点在随机部署条件下的分簇多路路由协议, 并依次研究了无线传感器网络随机部署技术、分簇算法, 稳定多路路由算法和基于分簇的多路路由算法, 并对上述各算法进行理论分析与仿真。具体研究内容为: (1) 研究无线传感器网络随机部署技术。网络拓扑的好坏会影响节能、网络效率及网络服务质量等方面。在随机部署情况下, 在一定的区域范围内, 需要部署合适数量的节点, 才能保证其组成一个连通网络, 并达到节能高效的目的。文章根据不同部署条件, 建立随机部署条件下的数学模型, 并对无线传感器网络部署数学模型进行仿真, 得到无线传感器网络部署方面的经验关系表达式。

(2) 研究无线传感器网络随机部署条件下基于连通可靠度的分簇算法。本文在研究一些分簇算法基础上, 提出了基于连通可靠度约束的、适合大规模无线传感器网络节点随机部署的快速成簇算法。基于连通可靠度约束的快速成簇算法得到的分簇覆盖面广、簇头分布合理、稳定性强, 与最小ID分簇算法及最大连接数分簇优化算法相比, 得到簇头数量少, 分簇更合理, 各成员节点与簇头的连通可靠度好, 更好保证网络的稳定性与健壮性, 减少网络重构开销带来的通信代价。仿真结果表明, 基于连通可靠度的快速分簇算法有利于均衡网络能量消耗, 延长网络生命周期。

(3) 研究无线传感器网络稳定多路路由机制, 提出了一种新的多路路由选择算法-能量优先级变化的多路路由算法EPMRA(Energy Priority-Variety Multi-Path Routing Algorithm)。EPMRA根据路由跳数、剩余能量参数、能量消耗参数, 利用网络完成数据传输任务时的历史数据, 在多条可选路由中, 根据参数动态计算选择健壮、可靠性高、负载均衡的路由, 使能量消耗更均匀, 传输更可靠, 有利于无线网络的生命周期延长。在TOSSIM环境下仿真, 结果显示EPMRA算法在节能、稳定性及延长网络生命周期等方面, 性能更优。

(4) 研究基于分簇的多路路由。本文在研究分簇路由和多路路由的路由机制基础上, 提出了基于簇指挥路径的多路路由(CDPMK)算法。基于分簇的路由具有扩展性强、数据融合简单、能量利用高效等特点, 成为当前路由研究的重点。CDPMK与平面的多路路由算法相比, 扩展性好, 控制负载低; 与其它的基于分簇路由算法相比, 由于簇头不参与监控信息数据的传输, 只负责管理和路由生成指挥功能, 因此网络拓扑更稳定, 并减少网络重构开销带来的通信代价。其多路特征, 不仅能满足一定QoS服务质量, 同时有利于均衡网络能量消耗, 延长网络生命周期。在网络延迟、负载均衡因子、网络吞吐量等方面与SMR、CMDSR算法进行仿真比较, 有更好的性能。在无线传感器网络中, 基于分簇的多路路由算法研究目前开展不多, 是计算机网络方面有前途的新研究领域, 论文的研究将为在无线传感器网络中分簇多路路由研究提供科学的参考, 具有广阔的应用前景。

2. 期刊论文 [汪泉弟, 李彬, 刘青松, WANG Quan-di, LI Bin, LIU Qing-song](#) [无线传感器网络能量多路路由研究](#) [一信](#) [息与控制](#) 2006, 35(2)

研究了无线传感器网络模型及能量多路路由机制。为解决现有协议的缺陷, 提出了改进型能量多路路由协议(IMP-EA), 建立了路由算法。以网络寿命和丢包率作为评价指标, 对改进型能量多路路由协议和其它3种路由协议进行了仿真实验。仿真结果表明, 改进后的协议有效地延长了网络的生存时间, 提高了数据转发效率。

3. 学位论文 [黄小燕 无线网络中基于分簇的多路路由算法研究](#) 2009

无线网络作为新兴的网络控制技术,是能够自主实现数据采集、融合和传输应用的智能网络应用系统。无论是在国防,还是在国民经济的各个领域,无线网络均有广阔的应用前景。由于传感器节点能量有限,如何有效的节省和平衡节点的能耗,是目前无线网络研究的关键问题之一。在网络层节能路由算法研究中,分簇的路由算法通过轮换簇头的方式能够有效的节省节点能量消耗,延长无线网络生命周期。分簇路由具有拓扑管理方便、能量利用高效、数据融合简单等优点,成为当前重点研究的无线网络路由技术。本文的研究工作主要基于对热点问题分簇算法的研究,以及在改进的分簇算法上实现一种多路路由保证网络的服务质量。

(1)在无线网络的多跳网络模型中,越靠近基站的簇头,其转发任务越频繁,从而造成能耗更多。本章提出一种区域间能量均衡的无线网络分簇算法ECDDZ,靠近基站的簇头数目增加,簇的范围减小。仿真表明其有效地解决了“热区”问题。同时引入在簇内选取多个候选簇头的机制来保证簇成员更换的频率的降低,有效地均衡与基站距离较近的簇头节点因过多转发任务带来的能量损失,从而延长了网络生命周期。(2)本文提出一个基于分簇的QOS多路路由算法,通过一种可扩展、灵活的方式为无线网络提供服务质量(QOS)保证。在这个策略中,每个节点只维护局部路由信息而不是整个网络的全局状态信息。它支持多个服务质量约束,利用基于簇的层次结构能够减少路由维护的代价并提高应用的可扩展性。最后对协议性能进行了评估,结果表明,这个协议能够为无线网络提供一个可靠的多路路由服务质量保证。最后,对论文的工作进行了总结,对未来的研究工作进行了展望。

4. 期刊论文 [李春叶,LI Chun-ye 一种基于能量感知无线网络多路路由机制](#) -[电脑知识与技术](#)2009,5(15)

目前,无线网络在智能环境检测,灾难控制,战场侦察,安全监视方面取得了日益广泛的应用,引起人们日益关注,在分析无线网络能量消耗特征的基础上,基于Markov模型提出了无线网络节点能量消耗模型,改进了无线网络多路路由协议。仿真结果表明,与传统的路由机制相比,能够有效地降低无线网络节点能量消耗,提高网络生存时间。

5. 学位论文 [韩志杰 基于预测的WSN多路路由算法研究](#) 2006

无线网络是由一组传感器以特定方式构成的无线网络,其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖的地理区域中感知对象的信息,并发布给观察者,无线网络与效用计算、塑料电子、人体仿生一起被认为是全球未来四大高技术产业。路由机制是无线网络自组织进行数据传输的关键点和核心问题,研究无线网络路由机制具有十分重要的理论意义和实用价值。论文利用时间序列分析和流量预测理论,对无线网络流量进行实时动态分析,并将其应用到无线网络路由机制中,将新方法与传统方法进行了比较,取得了一些有意义的研究成果。所做工作如下:

1.总结了无线网络路由机制,并对无线网络路由机制进行了分析,描述了无线网络路由机制的优缺点。总结了现有传统网络流量特征,归纳分析了现有的网络流量预测模型,并分析了现有预测模型的优缺点。2.对无线网络流量特征进行了分析和归纳,针对无线传感器的流量特征,结合ARMA模型,提出了一个新的无线网络流量实时在线预测模型,并在仿真平台中予以实现,通过对仿真结果进行了对比分析,验证了预测模型的效能。3.针对无线网络的多路路由算法,我们结合流量预测机制,提出了一个基于预测的无线网络多路路由切换机制,论文利用NS2.26仿真平台对进行对比仿真验证,结果表明新机制与传统机制相比延长了WSN的生存时间。

6. 学位论文 [朱鹏飞 无线网络多路路由技术研究](#) 2008

无线网络是由大量的价格低廉的传感器节点组成,这些传感器节点组织形成多跳无线网络,协作地完成大规模传感任务。作为一种新的网络和技术,它可以将客观世界中不断变化的信息持续高效地传递给人们,为人们提供各种形式的数据与服务,通过这种方式将逻辑上的信息世界与客观上物理世界融合起来,改变了人与自然的交互方式。传感器网络已经有着非常广泛的应用前景,引起人们的普遍关注。作为一种新型的网络:大规模的网络部署,自组织的组网方式,能量有限的传感器节点,动态变化的无线信道以及各种类型的流量模型和算法收集方式是这种网络的固有特性,这些特性在实现网络功能的同时,也会影响到网络的整体性能。在大规模部署的传感器网络中,如何提高网络的可靠性和协议来更好地节省能量,保证数据传输的可靠性,提高网络整体性能已经成为研究的热点问题。本文围绕这一主题,在一些与节能和提高数据传输的可靠性密切相关的算法和协议上展开研究。论文在分析传统WSN的路由机制以及相应算法基础上,进一步论证了在无线网络中采用多路路由进行数据传输比采用单路路由进行数据传输的优势,总结分析了WSN研究过程中所采用的节能措施,在分析无线网络多路路由协议的基础上,采用遗传算法对无线网络多路路由进行优化。在算法设计过程中,通过引入两级阈值实现对节点剩余能量进行评估,而后以评估的结果为基准通过适应函数的设计与计算实现新群体的萃取,从而实现多路路由优化,使得传输路径上具有较多能量的节点得到更为充分的利用。此算法在保证网络能量均衡消耗的同时,也延长了网络生命周期,同时在部分程度上保护网络的骨干节点。在接下来的章节我们提出基于容载检测的可靠多路路由,通过在无线网络中引入容载检测因子实现对节点负载进行感知,而后进行相应的处理,对于负载较重的节点的数据传输量进行分流,降低在数据传输过程中的数据丢包率。文章在实现算法思想的阐释及设计后,通过实验的手段对算法的有效性进行验证。

7. 期刊论文 [李雅卿,李腊元,汪春妍, Li Ya-qing, Li La-yuan, Wang Chun-yan 无线网络多路路由算法的研究](#) -[武汉理工大学学报\(交通科学与工版\)](#) 2009,33(1)

在多路路由算法的研究中,仍然存在着一一定的局限性,如没有充分考虑网络中链路的多重特性。因此,文中在定向扩散路由算法的基础上提出了一种多路路由算法(EDB-MRA)。该算法在源节点和目的节点之间建立多条路径,根据网络链路中的3个特征值—能量消耗、延时和带宽,给每条路径赋予一定的选择概率,使得数据总能在链路性能较优的多路路由中传输,从而延长了网络的生存周期,提高了传输的可靠性。

8. 学位论文 [李彬 用于水电机组状态监测的无线网络能量高效机制研究](#) 2006

随着我国经济的飞速发展,对电力的需求越来越大。水电作为能量转换最有效的绿色能源,近年来不断被开发利用,水电机组的单机装机容量也不断增大,正逐步成为电网的主力机组,对电网安全运行产生着日益重要的影响。因此,水电机组运行的可靠性显得尤为重要和突出。无线网络作为一种新的数据采集技术为水电机组状态监测提供了一种极佳的选择。但由于传感器节点采用电池供电,现有技术条件下电池的寿命不能满足无线网络长期工作的需要,所以采用均衡网络节点消耗的能量、增加冗余节点、采用休眠机制、进行数据融合和数据压缩等机制高效的使用传感器节点的能量、延长网络的寿命是无线网络用于水电机组状态监测必须解决的问题。针对以上需求,本文主要研究内容如下:首先,分析了无线网络用于水电机组状态监测的优势,提出了针对水电机组状态监测的无线网络系统结构,并分析总结了应用过程中的关键技术及延长网络寿命可采用的四种能量高效机制,为进一步的深入研究提供了基础。其次,为了解决整个网络节点能量均衡消耗的问题,研究了无线网络能量多路路由机制。通过对基于分层网络模型的能量多路路由协议的分析,为解决其缺陷,提出了改进型能量多路路由协议(IMP-EA)。以网络寿命和丢包率作为评价指标,对改进的能量多路路由协议和其它3种路由协议进行了仿真实验。仿真结果表明,改进后的协议有效地延长了网络的生存时间,提高了数据转发效率,进一步平衡了整个网络的能量消耗。最后,为了解决靠近汇聚节点的节点能量消耗过快的问题,研究了冗余节点的分布对无线网络寿命的影响。介绍了基于正六边形网格的分层网络结构;以网格作为网络的最小工作单元,研究了如何分配无线网络网络的冗余节点来延长网络寿命;通过对网络寿命的分析,获得了由各层网络的冗余节点倍数向量 R_n 、 $1-n$ 层节点倍增值 R_t 和分配冗余节点的概率密度函数 $f(k)$ 共同构成的网络冗余节点最优分布条件。通过对同一网络结构,但冗余节点按三种不同条件(最优分布、均匀分布和泊松分布)分布的网络进行了仿真分析,仿真结果表明冗余节点在最优分布条件下的网络寿命优于其它两种分布情况,从而实现了在节点数相同的情况下最大限度地延长网络寿命。

9. 期刊论文 [杨玺,刘少强,樊晓平,瞿志华, YANG Xi, LIU Shao-qiang, FAN Xiao-ping, QU Zhi-hua 实时监测的混合式无线网络多路路由研究](#) -[计算机应用研究](#)2008,25(4)

在考虑节点从环境获取能量的基础上,提出了一种用于实时监测的混合无线网络的多路路由算法。分析了货运列车载式无线监测这类实时监测的混合式无线网络系统的应用需求,在设计路由协议时根据节能和传输延时来选择路由。节点通过环境振动采集能量的同时对其能量水平进行等级划分,将传输的数据划分为不同的优先级,每个节点根据自身能量水平对不同优先级的数据包采用不同的路由策略。仿真结果表明,该路由算法在满足了网络应用需求的基础上具有节能特性,并缩短了传输延时。

10. 学位论文 [胡耀锋 能量感知的无线网络多路路由算法研究](#) 2009

综合了传感器技术、嵌入式计算技术、分布式信息处理技术和无线通信技术的无线网络是计算机科学技术的一个新的研究领域,具有十分广

阔的应用前景,引起了学术界和工业界的高度重视。无线传感器网络节点能源配置有限,通常情况下不进行电池更换和充电,为了提高网络生存时间,设计高效的能量受限的路由协议至关重要。而无线传感器网络与其它无线网络存在许多不同特点,因此其它无线网络中的路由协议并不能简单地移植到无线传感器网络当中来,这使得无线传感器网络中的路由设计面临诸多挑战。本文从数据传输的可靠性和能量有效性两个角度对无线传感器网络路由算法进行了探讨,主要工作体现在以下四个方面: 第一,深入研究无线传感器网络区别于传统有线网络和其它无线网络的一些特点,分析传感器网络路由算法设计标准,对现有的一些传感器网络路由算法进行总结,为设计性能更好的路由算法奠定基础。 第二,从多路径路由算法能够较好地提高传感器网络中数据传输的可靠性的角度考虑,在借鉴AOMDV路由算法思想的基础上,提出一种最大链路不相关的多路径路由算法MLMRA。该算法在建立链路不相关的路径时,能够优先建立节点不相关的路径,降低多路径之间的关联性,当路径发生中断时减小路径连锁失效的概率,提高路径的稳定性和数据传输的可靠性。 第三,为了提高能量使用效率,延长传感器网络的生存时间,针对MLMRA算法的能量有效性的不足,提出能量感知多路径路由算法EMRA。EMRA在选择数据传输路径时,尽量避开路径中处于低能量水平的节点,同时把路径上节点的剩余能量和中间跳数作为路径选择的度量之一,实现数据传输路径的低能耗和整个网络节点的能量均衡消耗,从而有效延长网络生存时间。 第四,在仿真平台TOSSIM中仿真本文提出的多路径路由算法EMRA。从能量有效性和数据传输的可靠性两个角度,网络生存时间、平均分组投递率两个方面对本文提出的算法与现有的多路径路由算法进行比较,验证了本文提出的多路径路由算法具有较高的可靠性和能量有效性。

引证文献(1条)

1. 韦耿, 王亮, 朱斌. 无线移动环境视频编码动态功耗模型研究[期刊论文]-传感技术学报 2009(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_cgjsxb200812021.aspx

下载时间: 2010年4月15日