

基于锚节点的无线传感器网络分簇路由协议^{*})

蔡敏智 殷建平 蔡志平

(国防科技大学计算机学院 长沙 410073)

摘要 该协议假设在观察区域内配置锚节点并随机抛洒普通节点,它包含分簇和路由两个部分。分簇过程是分布式的,采用从锚节点开始逐级分层的策略将网络分为3层,各节点感知邻居节点的信号强度并确定后继节点,然后将这些信息传递至锚节点;在路由过程中,通过分析上述信息,产生各簇的中转路径和冲突模式,于是路由调度方案由锚节点集中完成。实验结果显示,各簇结构均衡,簇内结构清晰,路由调度方案的产生简单高效。

关键词 无线传感器网络,分簇,锚节点

Anchor-based Cluster-routing Protocol for Wireless Sensor Networks

CAI Min-zhi YIN Jian-ping CAI Zhi-ping

(School of Computer Science, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract This protocol supposes that anchor nodes are configured and ordinary nodes are thrown randomly in observation area. It contains two parts of clustering and routing. The clustering process is distributed. It divides the network into 3 layers with gradually-layer-strategy starting from anchor nodes. Each node senses signal strength from neighbor nodes and determines the successor node, then transfers them to anchor nodes. While in the routing process, by analyzing information above to generate the relaying paths and interference patterns of each cluster, the routing schedule scheme is finished by anchor nodes. The experiments show that, structures are well balanced between clusters and are clear inside each cluster. The routing schedule scheme is produced simply and efficiently.

Keywords Wireless sensor networks, Cluster, Anchor node

1 引言

无线传感器网络在国防建设、环境监测、交通管理、医疗卫生等领域具有广泛的应用前景。它能够协作地实时感知、采集和监测网络分布区域内的各种环境或监测对象的信息,并对这些信息进行处理,获得详尽准确的信息,再传送到需要这些信息的用户。

分簇路由协议是无线传感器网络研究的重要内容。它包含单跳和多跳两种类型。LEACH, ACE 和 HEED 协议属于单跳的分簇路由协议。而 PEGASIS 协议^[1]提出了基于链式结构的数据收集方法,它只需要一个节点向基站传送数据,并通过轮换的方式平衡节点之间的能量消耗,这样虽然使得能耗降至一定水平,但传输延迟却成了问题。后来又提出了另一个度量指标:能量 * 延迟,通过折中的方式解决了这个问题^[2]。普渡大学的 Bandyopadhyay 和 Coyle 运用概率的方法,确定了最佳簇首节点的比例以及簇内节点到簇首节点的最大跳数^[3]。纽约州立大学的张正好等人面向数据产生率较低的环境,对传感器网络分簇中的簇内路由调度进行了研究,从理论上证明了簇内最优调度问题是 NP 难的,并根据各节点的数据传输量和冲突模式提出了一种在线的调度方案,有效地降低了各个传感器的活跃时间^[4,5]。

2 问题描述

该协议研究由异构节点组成的无线传感器网络,其中包括锚节点和普通节点。锚节点可以在不同的能量等级下工作,不妨设有6个能量等级,第6级能够与远程基站直接通信,第1级的通信范围与普通节点相当,第3级的通信半径约为第1级的3倍。对锚节点数目和位置进行配置,使它们在第3级能量下工作可以覆盖整个观察区域。另外,网络中随

机分布了数目众多的普通节点,它们能量有限,传输半径很小以致只能与邻近节点通信,与锚节点通信则可能要建立多跳路由,但是它们仍然具有一定的存储空间和处理能力。锚节点和普通节点都可以按不同的频率传输数据。

协议通过分簇过程将网络划分成以锚节点为簇首的层次结构,各节点收集的数据,按照由锚节点制定的时间片方案,经过后继节点的融合和转发,逐步传递至锚节点,之后到达远程基站。由于分簇后各簇结构的相似性,路由策略主要集中在簇内,并且各簇采用不同频率传输数据以避免簇间冲突。

3 冲突模式

在详细描述协议之前,先对冲突模式进行分类。冲突模式可以分为两类^[5]:一类是节点冲突,一类是信道冲突。一个节点不能同时接收多个节点发送的数据所产生的冲突称为节点冲突。如图1所示,在同一时刻,a, b, c三个节点只有一个能向节点d发送数据。若一对节点正在传输数据,其中接收节点处于其它发送节点(可能不止一个)的通信范围内,当其它发送节点的信号到达该接收节点的强度达到一定值时(可以用信噪比衡量),由此产生的冲突称为信道冲突。如图2所示,当节点a和节点c都在发送数据时,会对节点b到节点d的数据传送产生干扰。节点冲突无法避免,而信道冲突则可以通过路由策略得到一定程度的解决。

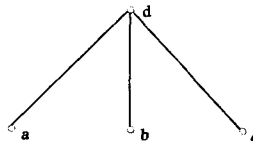


图1 节点冲突

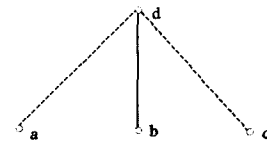


图2 信道冲突

^{*})基金项目:国家自然科学基金资助项目(60603062);湖南省自然科学基金项目(06JJ3035)。蔡敏智 硕士生,研究方向为无线传感器网络分簇路由协议;殷建平 教授,博士生导师,研究方向为模式识别与人工智能、网络算法与网络应用等;蔡志平 博士,研究方向为计算机网络测量等。

4 协议描述

由于普通节点传输范围有限,它们到锚节点的数据传输可能要建立多跳路由。然而层数太多,会带来较大的传输延迟。所以该协议大体上采用3层结构,但是它可以推广至任意层。

4.1 形成三层结构

协议开始时先进行分簇过程,所有锚节点采用统一的频率且以能量等级1广播消息,收到该消息的节点层数为1,并设定相应锚节点为后继节点和所属的簇。接下来,第1层节点广播消息,收到消息的节点层数为2,并从中随机选定一个作为后继节点。第2层节点重复上述过程。这样,整个网络就形成了一个以锚节点为中心的三层结构。如图3所示,O表示锚节点,其它字母代表普通节点。在这个过程中,各节点建立一个邻居节点表,保存邻居节点的信号强度值,并且将这个表以及后继节点和自身层数通过后继节点逐步传送给锚节点。

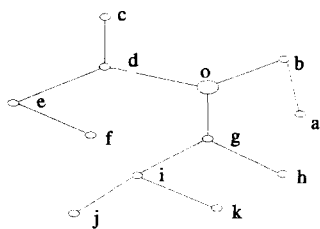


图3 分簇后的三层结构

根据前面对锚节点和普通节点通信范围的假设可知,经历分簇过程后,几乎所有节点都已确定层次,其它少量未被分簇的节点则随机选择一个第3层节点预先将数据传送过去。因此,在制定路由策略时,只考虑三层结构。

4.2 时间片分配方案

由前所述,锚节点已经可以根据各节点的层数和后继节点确定本簇内的中转路径,并且能够根据各节点的邻居节点表所保存的信号强度值分析出潜在的冲突模式。接下来,由锚节点制定路由调度方案,在这个过程中,假设各节点的数据只有经过后继节点的融合后才可以向上层转发。

考虑到节点冲突,锚节点将所有普通节点划分为不同的集合,具有相同后继的节点归为一个集合,一个集合中一次只允许安排一个节点传送数据。当某个集合中的元素都被安排完数据传送时,则通知它们的后继节点,这时需要集合中的每个元素都包含一个是否可传送数据的状态域,最下层节点默认为可传送数据。

在此,设立一个可以存放传输路径的缓冲池,缓冲池中的内容表示可以同时进行的数据传输,由于任何一个节点的后继节点是唯一的,可以用这个节点代表它到后继节点的传输路径。按一定的顺序从上面划分的不同集合中选出元素,只要满足前面的约束条件和不产生信道冲突,就可以不断地往缓冲池添加这些元素,直到不能再添加为止。若统一设定一个数据传送的时间,这时缓冲池中的内容表示第一个时间片可以进行的数据传输,保存这些内容;缓冲池清空后,重复上述步骤,直至所有集合中的每个元素都进入过缓冲池。为了保证每个元素只进入缓冲池一次,应对其是否已进入缓冲池的状态域进行标记。

通过上述方式,就可以产生一个簇内的时间片调度方案,并通过锚节点向普通节点发布。

在图3中,设信道冲突模式包含 $\langle a, h \rangle$, $\langle a, i \rangle$, $\langle c, f \rangle$, $\langle f$,

$j \rangle$, $\langle f, k \rangle$ 。其中 $\langle a, h \rangle$ 表示 a 和 h 不能同时传送数据,其它类似。划分的集合依次为 $\{a\}$, $\{b\}$, $\{c, e\}$, $\{d\}$, $\{f\}$, $\{j, k\}$, $\{h, i\}$, $\{g\}$ 。产生的调度方案为 $a, c, j; b, f, h; e, k; d, i; g$,其中分号隔开了不同的时间片。

5 实验结果

模拟实验在Matlab 7.0下运行,在边长为100米的正方形区域内,随机抛洒100个传感器节点,节点通信半径为12米。图4是分簇过程完成后形成的簇结构,圆圈表示锚节点,黑点表示普通节点。

由于采用了以锚节点为中心扩散的方式进行分簇,实验结果显示,各簇结构比较均衡,簇内结构清晰,从而决定了簇内各节点相互之间的干扰较小。

另外,最终未被覆盖的节点数目一般不会超过5%,因此由于部分数据丢失造成的影响不大,并且随着抛洒的节点数目增大,这种影响越小。

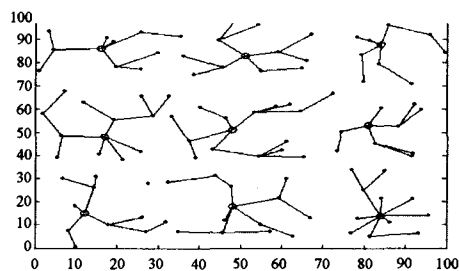


图4 分簇结果

结束语 本文提出了一种无线传感器网络的多跳分簇路由协议。分簇过程采用分层策略,簇内结构清晰,基于时间片方式的路由调度方案操作简单,效率较高。

在该协议中,各簇采用不同的频率传输数据,簇内采用同一频率,因此传感器的频率资源还没有得到充分利用,后续工作将研究簇内采用不同频率传输的情况。另外,由于无线传感器网络要求节点冗余度高,可以成对地随机抛洒节点,这些成对的节点具有相同的编号且地理位置相距较近,通过让它们轮换地工作,可以充分利用整个网络的资源,延长生命周期。最后,在时间片分配方案确定时,该协议并未考虑数据传输失败的情况,因此,我们希望提出具有容错能力的路由调度方案。

参考文献

- [1] Lindsey S, Raghavendra C. PEGASIS: Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems [A]// Proceedings of the IEEE Aerospace Conference' 02 [C]. 2002;1125-1130
- [2] Lindsey S, Raghavendra C, Sivalingam K. Data Gathering in Sensor Networks Using the Energy * Delay Metric [A]// Proceedings of the IPDPS Workshop on Issues in Wireless Networks and Mobile Computing' 01 [C]. 2001;23-27
- [3] Bandyopadhyay S, Coyle E. An Energy-Efficient Hierarchical Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks// Proceedings of IEEE INFOCOM, April 2003
- [4] Zhang Z, Ma M, Yang Y. Energy Efficient Multi-Hop Polling in Clusters of Two-Layered Heterogeneous Sensor Networks // 19th IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium, Denver, 2005
- [5] Zhang Z, Ma M, Yang Y. Multi-Channel Polling in Multi-hop Clusters of Hybrid Sensor Networks // Proceedings of IEEE GLOBECOM, 2005