

一种能量有效的无线传感器网络信息收集协议

刘湘雯^{1,2} 侯惠峰¹ 于宏毅¹ 胡捍英¹

(1 信息工程大学 通信工程系, 河南 郑州 450002;

2 空军工程大学 电子信息系, 陕西 西安 710077)

摘要: 研究了无线传感器网络覆盖和路由相结合问题, 提出了覆盖和能量有效(coverage and energy efficient, CEE)的任务分配策略. CEE的基本思想是: 对于覆盖重要的节点完成感知任务, 对于覆盖不重要的节点完成数据转发任务. 基于 CEE 设计了基于栅格的覆盖和能量有效(grid-based coverage and energy efficient, GCEE)信息收集协议. 采用 NS-2 仿真工具, 分析了 GCEE 各个参数对网络能量有效性以及覆盖性能的影响.

关键词: 无线传感器网络; 能量有效性; 覆盖

中图分类号: TN915.04 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-4512(2006)12-0016-04

Efficient energy information gathering protocol for wireless sensors networks

Liu Xiangwen Hou Huifeng Yu Hongyi Hu Hanying

(1 Department of Communication Engineering, Information Engineering University, Zhengzhou 450002, China;

2 Department of electronics of Information, Air fore Engineering University, Xi an 710077, China)

Abstract: The study of combining coverage with routing in wireless sensor networks was done. A coverage and energy efficient (CEE) task assigning strategy is proposed, the basic idea of which is based on that the nodes are important to coverage implement sensing tasks, the nodes are unimportant to coverage finish forwarding tasks. Grid-based coverage and energy efficient (GCEE) information gathering protocol was designed based on CEE. The effects of various parameters on the energy efficiency and coverage performances of GCEE were analyzed by using NS-2.

Key words: wireless sensor networks; energy efficiency; coverage

无线传感器网络在军事侦察、环境监测、工业控制与监视、智能建筑、交通运输以及其他商业领域具有非常广阔的应用前景^[1]. 能量有效性以及覆盖是无线传感器网络考虑的两个重要因素. 无线传感器网络一个基本的性能指标是覆盖, 覆盖从另一个角度表征了传感器网络所能提供的 Quality of Service (QoS)^[2]. 文献[3]中把覆盖问题分为三类: 区域覆盖、点覆盖和栅栏覆盖. 其中区域覆盖是一个比较重要的问题. 在此主要关心区域覆盖. 另一方面, 由于传感器节点依靠电池供电, 能耗是无线传感器网络需要考虑的另外一个重要问题. 已经有一些文献研究如何在保证覆盖的前提下, 最优的调度节点, 延长网络的工作时

间^[4,5].

1 基于栅格的覆盖和能量有效信息收集协议

1.1 覆盖和能量有效任务分配策略

理想覆盖为相邻三个节点中心点的连线构成等边三角形, 等边三角形的边长为 $\sqrt{3}s$ (s 为节点的覆盖半径). 但是实际中, 很难达到理想覆盖. 为了便于更清楚地描述问题, 下面给出节点覆盖度的定义: 节点与其他节点探测区域没有重叠的区域的面积与节点探测范围的面积之比.

在实际中, 节点覆盖度的计算比较复杂, 需要根据节点的地理位置信息计算. 由于传感器节点

收稿日期: 2005-11-25.

作者简介: 刘湘雯(1977-), 女, 博士研究生; 郑州, 信息工程大学通信工程系 (450002).

E-mail: lxwandxf@sohu.com

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60472064); 河南省自然科学基金资助项目 (0511010700).

计算以及存储能力有限,因此需根据探测范围内邻居节点的个数估计节点的覆盖度.网络内的任务可以分为感知任务和分组转发任务.转发节点也可以同时完成感知任务,但是感知节点只能完成感知任务.CEE 任务分配策略的基本思想是根据节点的覆盖度以及剩余能量向节点分配任务.

1.2 基于栅格的覆盖和能量有效信息收集协议

基于 GAF^[6]实现 CEE,称其为基于栅格的覆盖和能量有效(GCEE)信息收集协议.GCEE 基本思想如图 1 所示.网络根据地理位置信息划分为栅格,栅格中除了一个群首节点外,还包括多个激活节点.群首节点负责完成数据转发任务,激活节点负责完成探测任务.GCEE 主要解决两方面的问题:节点以什么规则决定自己承担相应的任务或者进入休眠;节点什么时候承担各种任务或者进入休眠.下面首先给出网络模型以及传感器节点的感知模型,然后对这两个问题给出相应的解决方案.

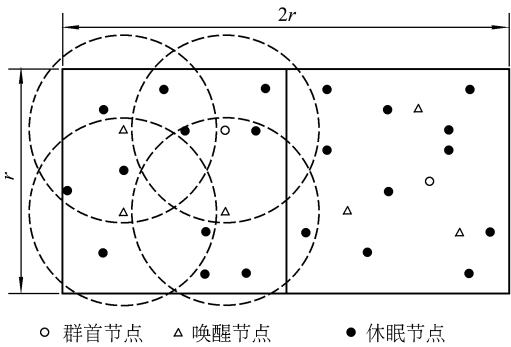


图 1 GCEE 基本思想

1.2.1 网络模型

一般来说,无线传感器网络的协议针对特定的应用设计,因此,首先给出网络模型如下:a. 传感器节点随机均匀布设;b. 传感器节点不具备移动性;c. 所有的传感器节点相同且节点的初始能量相等;d. 所有传感器节点的探测范围相等;e. 网络中所有节点的位置信息已知;f. 网络中只有一个 Sink 节点,分布在传感器网络内,且位置固定.

节点的感知模型采用布尔感知模型^[3].每个传感器节点的探测范围为 S .

1.2.2 转发节点的选择

如前所述,节点覆盖度由 $\sqrt{3}S$ 范围内的邻居节点个数估计.另外,转发节点需要远距离与相邻群通信,而通信相对于数据处理、目标探测等是耗能最多的,所以,在选择节点作为转发节点时,节点的能量需要考虑.因此,节点 i 成为转发节点的概率

$$P_{ti} = aN_i / N_0 + bE_i / E_0,$$

式中: a 和 b 是系数,并且 $a + b = 1$; N_i 是节点 i 在 $\sqrt{3}S$ 范围内的邻居节点个数; N_0 是与节点 i 在同一个栅格内的节点在 $\sqrt{3}S$ 范围内的平均邻居节点个数; E_i 为该节点的当前剩余能量; E_0 为节点 i 所在栅格中所有节点当前的平均剩余能量.

1.2.3 节点的概率激活模型

节点 i 成为感知节点的概率

$$P_{si} = \begin{cases} 0 & (N_a > N_{th1}); \\ c(N_0 - N_i) / N_0 + dE_i / E_0 & (N_{th2} < N_a < N_{th1}); \\ 1 & (N_i = 0), \end{cases}$$

式中: c 和 d 是系数,且 $c + d = 1$,当 $c = 0$ 时,只考虑节点的剩余能量,当 $d = 0$ 时,只考虑该节点对于覆盖的重要程度; N_a 是节点 i 所在栅格的当前激活节点的个数; N_{th1} 根据节点的密度确定,一个栅格中激活节点充当感知功能节点的个数不能超过栅格中的平均节点个数, $N_{th1} = N r^2 / A$ (N 为网络中总节点数, A 为网络的面积); N_{th2} 与栅格大小、探测半径以及网络密度有关.按照理想覆盖的情况,一个节点覆盖范围为六边形面积 $3\sqrt{3}S^2/2$, S 为节点的探测半径.若栅格的边长为 r ,则一个栅格中至少需要 $(2\sqrt{3}/9)(r^2/S^2)$ 个节点激活.当节点 i 的 $\sqrt{3}S$ 范围内的邻节点个数 N_i 为0时,节点 i 只要还有能量,则以概率1激活.上式是 N_i , N_0 以及 E_i , E_0 的情况;当 $N_i > N_0$ 时,令 $N_i = N_0$,当 $E_i > E_0$ 时,令 $E_i = E_0$.

1.2.4 节点的状态转移过程

在网络的运行过程中,节点始终处于以下四种状态的一种:休眠、探测、感知、转发.节点的角色转换过程如图 2 所示.节点起始于探测状态,这时节点打开收发信机并通过交换探测消息以发现相同网格内的其他节点.

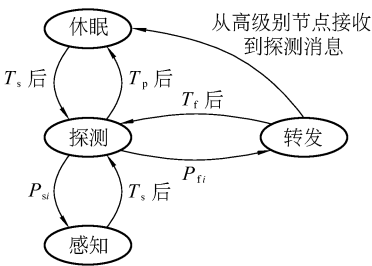


图 2 节点的状态转移过程

节点进入探测状态时,设置一个长度为 T_d 的定时器,定时器到时,节点广播其探测报文,然后以概率 P_{si} 或 P_{ti} 转入感知状态或者转发状态.节点发送探测报文携带自己要成为一个转发节点

还是感知节点. 节点进入探测状态一段时间 T_p 后, 若没有进入转发状态或者感知状态, 则返回休眠状态.

当节点进入感知状态时, 就设定一个长度为 T_a 的定时器定义节点处于感知状态的时间. T_a 时间到后, 节点将返回探测状态. 处于感知状态时, 节点每隔 T_a 时间重新广播其探测报文.

当节点处于转发状态时, 设置另外一个长度为 T_f 的定时器, T_f 到后, 节点返回探测状态. 在 T_f 时间内, 如果节点接收到一个更高级别的节点发送的探测消息, 则节点转入休眠态.

当节点转入休眠状态时, 就关闭收发信机. 处于休眠状态的节点在休眠一段时间 T_s 之后唤醒, 同时重新转入探测状态.

2 仿真结果以及性能分析

采用 NS-2 分析 GCEE 的性能. 网络中有 50 个节点, 分布在 $50\text{ m} \times 30\text{ m}$ 的范围内, 栅格的边长为 10 m , 这样, 整个网络划分为 5×3 的栅格. 节点的最远通信距离为 23 m , 也就是说, 相邻栅格的任意两个节点可以直接通信. 网络中只有一个 Sink 节点, 位于网络中的一个点. 所有节点在仿真的整个过程中处于静止态. 业务为 CBR 业务, 分组大小为 20 byte . 每个节点的初始能量为 3.5 J . Sink 节点随机分布在网络内部, Sink 节点的初始能量配置为 50 J . 在仿真中, 能量模型设为发送功率 0.050 208 W , 接收功率 0.05 W , 侦听功率 0.045 W .

图 3(a) 和 (b) 中, $a = 0.5, c = 0.5$. 从图 3 可

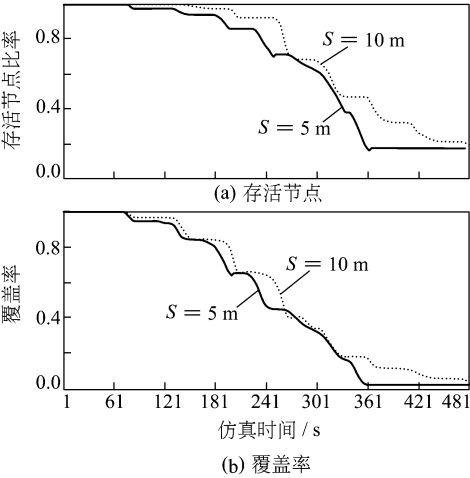


图 3 感知范围对存活节点个数及覆盖率的影响
以看出, 覆盖半径越大, 存活节点个数越多, 这是因为, 覆盖半径越大, 网络在同一时刻需要激活的节点个数越少. 另外, 探测范围越大, 网络的覆盖

率越好, 这说明, 即使当节点的探测范围比较小, 而使得比较多的节点激活, 也不如节点的探测范围比较大的覆盖情况.

以下为性能仿真, 覆盖半径 $S = 10\text{ m}$. 从图 4 可见, 随着网络的运行, 节点的能量方差逐渐增大, 然后, 又逐渐减小. 这是因为, 在网络运行初期, 节点配置的能量相等, 随着网络的运行, 不同节点承担了不同的任务, 消耗了不同的能量, 节点的能量差异增大, 在方差增大到一定程度后, 节点的能量减小, 方差也随之减小. 另外, 从图 4 可见, a 越大, 节点剩余能量的方差越大, 也就是说, 网络的能量有效性能变差. 这是因为: 当 $a = 1$ 时, 节点在充当转发节点时, 没有考虑自己的剩余能量, 有可能剩余能量少的节点充当了转发节点, 导致网络能量有效性能变差; 而当 $a = 0$ 时则正好相反.

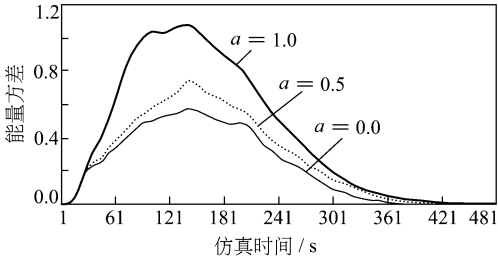


图 4 a, b 对网络能量均衡性能的影响

从图 5 可以看出, c 越大, 网络的覆盖率越好. 这是因为, $c = 1$ 时, 承担感知任务的节点的选择考虑了自己对覆盖的重要度, 使得覆盖率比较好, 而当 $c = 0$ 时则正好相反.

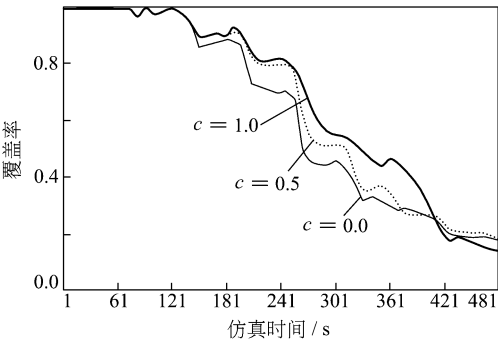


图 5 c, d 对网络覆盖率的影响

从图 6 可以看出, c 越大, 节点剩余能量的方差越大. 这是因为, 节点在充当感知节点时, 当 $c = 1$ 时, 只考虑了节点对于覆盖的重要度, 而没有考虑节点的剩余能量, 使得网络的能量有效性能变差; 当 $c = 0$ 时则正好相反.

GCEE 尚存在一些问题, 例如, GCEE 并不保证网络区域的全覆盖, 而根据节点的地理位置信息可以保证全覆盖, 这是本课题组下一步需要研究的问题.

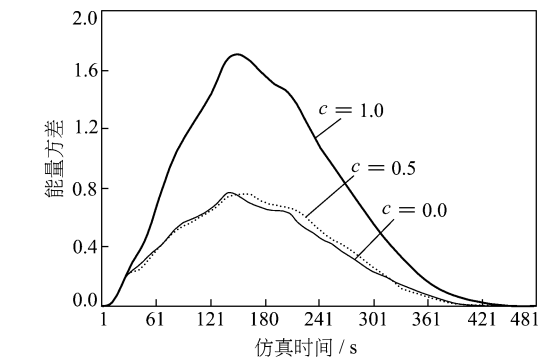


图 6 c, d 对网络能量均衡性能的影响

参 考 文 献

[1] 任丰原,黄海宁,林 闯.无线传感器网络[J]. 软件学报, 2003, 14(7): 1 282-1 291.

[2] Meguerdichian S, Koushanfar F, Potkonjak M, et al. Coverage problems in wireless Ad-Hoc sensor networks [C] Proceedings of IEEE Infocom. New York: IEEE Communications Society, 2001: 1 380-

1 387.

[3] Ilyas M, Mahgoub I. Handbook of sensor networks: compact wireless and wired sensing systems[M]. Boca Raton: CRC Press, 2004.

[4] Ye F, Zhong G, Lu S, et al. Peas: a robust energy conserving protocol for long-lived sensor networks [C] Proceedings of 3rd International Conference on Distributed Computing Systems. Washington, DC: IEEE Computer Society Press, 2003: 28-37.

[5] Tian D, Georganas N D. A coverage-preserving node scheduling scheme for large wireless sensor networks [C] First ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications. New York: ACM Press, 2002. 32-41.

[6] Xu Y, Heidemann J, Estrin D. Geography-informed energy conservation for Ad hoc routing[C] Proceedings of the Seventh Annual ACM/ IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking. Rome. New York: ACM Press, 2001: 70-84.

2006“中国光谷”国际光电论坛举行

武汉光电国家实验室(筹)学术咨询委员会同期成立

11月2日至3日,2006“中国光谷”国际光电论坛在武汉科技会展中心及武汉光电国家实验室(筹)举行。

来自国内外的16名相关领域院士和知名专家为大会献上了精彩报告,介绍了国内外光电子领域所取得的最新成果,促进了我国光电子领域与国际学术界之间的交流和合作。中国科学院院士、武汉光电国家实验室(筹)主任叶朝辉教授主持开幕式。教育部副部长章新胜,武汉市人大副主任胡国璋,华中科技大学校长、武汉光电国家实验室(筹)理事长李培根院士先后致词,对大会的召开表示祝贺。

据介绍,此次论坛主题内容为下一代高度集成的低成本、高性能光电器件及系统。论坛共分为纳米光电子学、器件实现及网络应用、器件深入应用、器件与系统 I、器件与系统 II 五个部分,在每一个部分单元中,相关学科的专家学者对国际最前沿的技术发展进行了讲座或介绍。

本次会议由华中科技大学和国家光电子信息产业基地主办,美国乔治亚理工学院协办,武汉光电国家实验室(筹)和武汉东湖新技术开发区生产力促进中心承办。