

基于距离分区的多级异构无线传感器网络成簇算法^①

钟达夫^{②*} 薛晶晶^{③**} 何 锋^{**} 唐懿芳^{*} 赵仕俊^{*#}

(^{*} 广东科学技术职业学院计算机工程学院 珠海 519090)

(^{**} 中国石油大学(华东)信息与控制工程学院 青岛 266580)

摘要 为了防止无线传感器网络(WSN)节点因为通信距离过长而过早死亡,有效延长网络生命周期,提出了一种基于距离分区的高能效的多级异构无线传感器网络成簇算法(MHCADP)。此算法将监测区域分为三部分,并根据不同监测区域和基站的距离部署能量不同的三类节点,按照节点剩余能量与网络平均能量的比例来选举簇头节点,让较高初始能量和剩余能量的节点拥有更多的机会成为簇头。另外,在数据传输时,考虑节点和基站的距离以及自身剩余能量,选择单跳或多跳的传输方式。仿真实验结果表明,与现有的重要成簇算法——低能耗自适应分簇分层(LEACH)算法和稳定选举协议(SEP)算法相比,MHCADP 算法能够有效减少网络能量消耗和平衡网络负载,使网络稳定周期和生命周期延长 50% 以上。

关键词 无线传感器网络(WSN), 多级异构, 成簇算法, 能量有效性, 能量均衡

0 引言

无线传感器网络(wireless sensor networks, WSN)由大量部署在监测区域的传感器节点和基站组成,通过采集周围环境信息并发送到基站进行深入处理,从而广泛应用于工业检测和诊断、战场和环境监测、家庭自动化、智能办公、智能交通等^[1,2]。由于传感器节点体积较小,所携带的电池能量有限,对于部署在人类无法直接到达的恶劣环境中的传感器节点,更换电池或者二次部署十分困难,所以在设计算法时必须考虑能量使用效率,延长网络寿命。目前,国内外学者提出很多成簇协议来最大化网络使用寿命^[3,4]。根据算法适应的 WSN 是同构还是异构网络,可将分簇算法分为同构成簇算法和异构成簇算法。

同构无线传感器网络是指传感器节点是同一类

型,包括节点能量、传输带宽、计算能力、存储空间等方面。与同构网络相比,异构网络中有少量异构节点,并在能量、通信和感知能力方面具有较大优势,本文讨论的是能量异构无线传感器网络,即节点之间初始能量不同,其他特性完全相同。目前针对同构型网络的成簇算法已经得到了快速发展,并取得了重大成果,典型的算法有低能耗自适应分簇分层(low-energy adaptive clustering hierarchy, LEACH)^[5]、分布式高能效分级分簇(energy-efficient hierarchical clustering, DEEHC)^[6]、高校非均匀分簇(energy-efficient uneven clustering, EEUC)^[7]、阈值敏感的能效传感网络(threshold sensitive energy efficient sensor network, TEEN)^[8]等,然而要设计适合多级异构网络的能量高效的成簇算法还有许多问题需要解决。

为了进一步满足异构 WSN 应用的要求,稳定选举协议(stable election protocol, SEP)^[9] 算法被提出。

^① 四川省高校重点实验室(2014WYJ07,2016WYJ01)资助项目。

^② 男,1972 年生,博士,副教授;研究方向:计算机网络,无线传感器网络。

^③ 通讯作者,E-mail: xjj17864229351@163.com

(收稿日期:2017-01-16)

SEP 算法是二级异构协议,即将网络内的节点分为高级节点和普通节点,并根据节点的初始能量配置选举簇头的概率因子,从而均衡能耗。该算法的缺点是节点成为簇头的概率只与初始能量相关,未考虑每轮运行后节点的剩余能量,多轮过后高级节点的剩余能量可能低于普通节点,这会导致网络整体生命周期降低。Aderohumu 等人^[10]提出了 E-SEP 算法,该方案将网络中的节点根据能量分为三类,增加了“中间节点”,簇头按照自身能量值进行选举,相比于 SEP,该算法进一步改善了网络的稳定性。但是该算法并未利用异构网络的优点以及通信过程中节点和基站之间的距离关系,从而浪费了网络中的能量,未能使网络能量高效利用。刘唐等人^[11]提出了动态多簇头成簇(dynamic multi-cluster clustering, DMC)算法,该算法根据网络最优簇头数确定节点邻居感知半径。通过节点间的广播,每个节点获得感知半径内的邻居节点密度,节点根据邻居节点密度和节点当前能量确定节点成为主簇头的概率。根据主簇头的能耗,各簇独立判断是否选举辅助簇头以分摊主簇头的能耗。文献[12]提出了一种适用于多级能量异构传感器网络的基于相对距离成簇(relative distance clustering, RDC)算法。RDC 算法通过将所有节点轮流成为簇头节点来达到均匀消耗能量的目的。

由以上分析可以看出,异构 WSN 如果要使得能量最大化利用,算法必须同时考虑以下几点:(1)算法设计过程中要合理利用高级节点能量较多的优点,使其在数据远距离传输过程中担任重要角色;(2)簇头选择过程中要考虑节点的剩余能量,避免高级节点等在多轮担任簇头后,剩余能量小于普通节点的情况下仍然成为簇头而过早失效;(3)普通节点有机会能担任簇头。基于上述分析,本文提出了一种基于距离分压的高能效的多级异构无线传感器网络成簇算法(multilevel heterogeneous cluster algorithm based on distance partition, MHCADP),即将监测区域分为三部分,并根据距离基站的远近布置能量不同的三类节点。在簇头选举的过程中,基于节点剩余能量与网络节点的平均能量的比例来选举簇头节点,较高初始能量和剩余能量的节点比低能

量节点拥有更多的机会成为簇头,进而防止节点因为通信距离过长而过早死亡。

1 网络能耗分析

无线传感器网络主要由以下几个子系统组成:通信子系统,处理子系统,传感子系统和能量供应子系统等。通信子系统所消耗的能量远远高于处理子系统,实验证明在能量消耗方面,数据的传输消耗能量比较多,而数据处理所需要的能量消耗相对较少。网络能量消耗如图 1 所示。

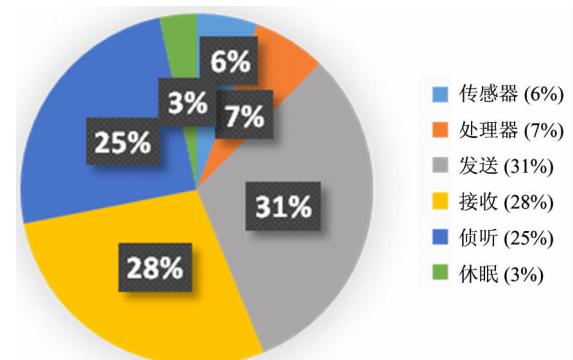


图 1 网络能量消耗分布图

由图 1 可以看出,网络能量消耗主要集中在通信方面。通信过程主要包括数据发送、接收、侦听等。节点侦听状态可以合理控制其休眠周期,发送数据包的能量消耗模型如下式所示:

$$E_{\text{TX}}(l, d) = E_{\text{TX-elec}}(l) + E_{\text{TX-amp}}(l, d) \\ = \begin{cases} lE_{\text{elec}} + l\varepsilon_{\text{fs}}d^2 & d < d_0 \\ E_{\text{elec}} + l\varepsilon_{\text{mp}}d^4 & d > d_0 \end{cases} \quad (1)$$

式(1)表示网络在传输 l bit 数据到距离为 d 的位置所消耗的能量,其中 E_{elec} 表示每发送或接收 1bit 数据所消耗的能量, ε_{fs} 和 ε_{mp} 分别为自由空间模型和多路径衰减模型中功率放大所需的能量,其中 d_0 为

距离阈值,且 $d_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon_{\text{fs}}}{\varepsilon_{\text{mp}}}}$ 。

接受数据包的能量消耗模型如下式所示:

$$E_{\text{RX}}(l) = lE_{\text{elec}} \quad (2)$$

接收 l bit 数据消耗的能量为 $E_{\text{RX}}(l)$ 。

无线传感器网络以成簇的方式参与目标跟踪、

环境监测等应用时,簇内成员会将感知到的数据发送给簇头,簇头会将这些信息进行融合然后发送给基站。整个网络能量消耗包括:簇内成员接收数据包并发送给相应簇头节点,簇头节点接收数据包并融合后再继续发送给基站。假定整个网络中有 M 个簇头,每个簇头有 m_1 个簇内成员,簇头和簇内成员节点之间的距离用 $d(i)$ 表示,簇头和基站之间的距离用 $D(i)$ 表示,发送、接收的数据包为 L bit,簇头每融合 1bit 消耗的能量为 E_{DA} ,则簇内成员接收 L bit 数据消耗的总能量计算如下式所示:

$$\begin{aligned} E_{\text{total}}^1 &= E_{\text{RX}}(L) + E_{\text{TX}}(L, d) \\ &= E_{\text{TX-elec}}(L) + E_{\text{TX-amp}}(L, d) \\ &= Mm_1(L E_{\text{elec}} + L E_{\text{elec}} + L \varepsilon_{\text{fs}} d(i)^2) \\ &= LMm_1(2E_{\text{elec}} + \varepsilon_{\text{fs}} d(i)^2) \end{aligned} \quad (3)$$

簇头接收簇内成员发送的消息并融合后发送给基站的总能量消耗计算如下式所示:

$$\begin{aligned} E_{\text{total}}^2 &= E_{\text{RX}}(L) + E_{\text{DA}}(L) + E_{\text{TX}}(L, d) \\ &= \\ &\begin{cases} M(L E_{\text{elec}} + L E_{\text{elec}} + L E_{\text{DA}} + L \varepsilon_{\text{fs}} D(i)^2), D(i) < d_0 \\ M(L E_{\text{elec}} + L E_{\text{elec}} + L E_{\text{DA}} + L \varepsilon_{\text{mp}} D(i)^4), D(i) \geq d_0 \end{cases} \\ &= \begin{cases} LM(2E_{\text{elec}} + E_{\text{DA}} + \varepsilon_{\text{fs}} D(i)^2), D(i) < d_0 \\ LM(2E_{\text{elec}} + E_{\text{DA}} + \varepsilon_{\text{mp}} D(i)^4), D(i) \geq d_0 \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

整个网络总能量消耗按下式计算:

$$\begin{aligned} E_{\text{total}} &= E_{\text{total}}^1 + E_{\text{total}}^2 \\ &= E_{\text{RX}}(L) + E_{\text{TX}}(L, d) + E_{\text{RX}}(L) + E_{\text{TX}}(L, d) \\ &\quad + E_{\text{DA}}(L) \\ &= \begin{cases} 2MLE_{\text{elec}}(m_1 + 1) + LM \\ [m_1 \varepsilon_{\text{fs}} d(i)^2 + \varepsilon_{\text{mp}} D(i)^2 + E_{\text{DA}}], D(i) < d_0 \\ 2MLE_{\text{elec}}(m_1 + 1) + LM \\ [m_1 \varepsilon_{\text{fs}} d(i)^2 + \varepsilon_{\text{mp}} D(i)^4 + E_{\text{DA}}], D(i) \geq d_0 \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

由式(5)知,当网络内总节点数一定,传输的数据包固定时,簇头节点和基站之间的距离对网络能量消耗影响最大,即距离 $D(i)$ 越小能量消耗越少。基于以上分析,本文利用节点的能量级别不同,将网络根据距离基站的远近划分为三部分区域,距离基站最远的区域部署能量最大的节点。

2 MHCADP 算法分析

2.1 网络区域划分

无线传感器异构网络已有的路由协议多数是将传感器节点随机部署在监测环境内,不对环境做任何处理,本文按照监测区域和基站的距离将网络划分为三种区域,分别为距离基站最远的 α 区域、较远的 β 区域和距离基站最近的 γ 区域,同时将节点按照能量大小分为 α 节点、 β 节点和普通节点 ω , α 节点能量最大,能量比普通节点多 α 倍,其次是 β 节点,能量比普通节点多 β 倍,网络区域划分如图 2 所示。

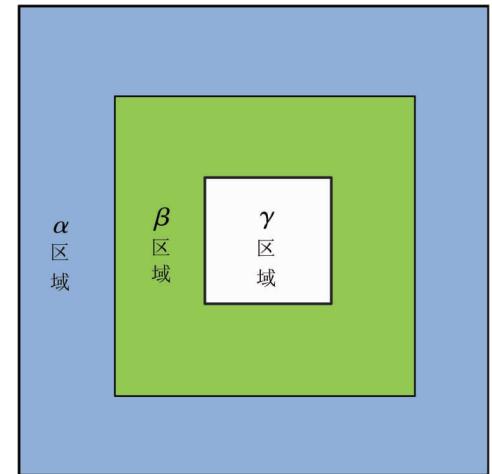


图 2 网络区域划分

图中 α 区域内, α 节点随机部署在该区域。 β 区域内, β 节点随机部署在该区域。普通节点 ω 随机部署在整个监测环境中。实际应用环境中可以根据需要,以最优的方式划分三种区域。

2.2 簇头的选择和簇的形成

假定 N 个传感器节点均匀分布在 $M \times M$ 的区域内,由于基站的位置不会对分析结果造成本质影响,假定基站位于区域的中间,网络中簇头的个数为 K , 簇头到基站的距离为 d_{toBS} , 则簇头接收、融合、发送 L bit 数据到基站所消耗的总能量按下式计算

$$\begin{aligned} E_{\text{CH}} &= (N/K - 1)L E_{\text{elec}} + (N/K)L E_{\text{DA}} \\ &\quad + L E_{\text{elec}} + L \varepsilon_{\text{fs}} d_{\text{toBS}}^2 \end{aligned} \quad (6)$$

式中 E_{DA} 表示融合 1bit 数据消耗的能量, d_{toBS} 表示簇头到基站距离的平均值。

非簇头节点发送 Lbit 数据到簇头所消耗的能量为

$$E_{\text{nonCH}} = LE_{\text{elec}} + L\varepsilon_{\text{fs}} d_{\text{toCH}}^2 \quad (7)$$

则每个簇消耗的总能量为

$$E_{\text{cluster}} \approx ECH + N/KE_{\text{nonCH}} \quad (8)$$

整个网络能量消耗为

$$E_{\text{tot}} = L(2NE_{\text{elec}} + NE_{\text{DA}} + \varepsilon_{\text{fs}}(Kd_{\text{toBS}}^2 + Nd_{\text{toCH}}^2)) \quad (9)$$

簇内成员节点到簇头的距离以及簇头到基站的距离计算公式如下:

$$\begin{aligned} d_{\text{toCH}}^2 &= \int_{x=0}^{x=\text{xmax}} \int_{y=0}^{y=\text{ymax}} (x^2 + y^2) \rho(x, y) dx dy \\ &= \frac{M^2}{2\pi K} \end{aligned} \quad (10)$$

$$d_{\text{toBS}}^2 = \oint_A \sqrt{(x^2 + y^2)} \frac{1}{A} dA = 0.765 \frac{M}{2} \quad (11)$$

将式(7)、式(8)带入式(9)中并对 K 求导,且令导数为零,可得到最优簇头^[9]个数公式为

$$K_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{N}{2\pi}} \sqrt{\frac{\varepsilon_{\text{fs}}}{\varepsilon_{\text{mp}}}} \frac{M}{d_{\text{toBS}}} \quad (12)$$

则节点成为簇头的最优概率为

$$P_{\text{opt}} = \frac{K_{\text{opt}}}{N} \quad (13)$$

假设网络中 α 节点所占比例为 A , β 节点所占比例为 B , 普通节点能量为 E_0 , 则普通节点所占比例为 $1 - A - B$, 则 α 节点、 β 节点、普通节点成为簇头的最优概率为

$$(P_{\alpha})_i = \frac{(1 + \alpha)P_{\text{opt}}E_i(r)}{(1 + A\alpha + B\beta)E(r)} \quad (14)$$

$$(P_{\beta})_i = \frac{(1 + \beta)P_{\text{opt}}E_i(r)}{(1 + A\alpha + B\beta)E(r)} \quad (15)$$

$$(P_{\omega})_i = \frac{P_{\text{opt}}E_i(r)}{(1 + A\alpha + B\beta)E(r)} \quad (16)$$

式(14)、(15)、(16)中 $E_i(r)$ 表示 i 节点在第 r 轮中的剩余能量, $\overline{E(r)}$ 表示第 r 轮时网络剩余能量的平均值。

α 节点、 β 节点、普通节点 ω 每轮是否成为簇头的阈值如下:

$$T_{\alpha} = \begin{cases} \frac{P_{\alpha}}{1 - P_{\alpha}(r \bmod \frac{1}{P_{\alpha}})}, & \alpha \in G \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (17)$$

$$T_{\beta} = \begin{cases} \frac{P_{\beta}}{1 - P_{\beta}(r \bmod \frac{1}{P_{\beta}})}, & \beta \in G' \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (18)$$

$$T_{\omega} = \begin{cases} \frac{P_{\omega}}{1 - P_{\omega}(r \bmod \frac{1}{P_{\omega}})}, & \omega \in G'' \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (19)$$

式中 G 、 G' 和 G'' 分别为 α 、 β 、 ω 节点在最近 $r \bmod \frac{1}{P_{\text{opt}}}$

轮内未成为簇头的节点集合,从而每个节点都有机会轮流成为簇头,平衡了簇头能量消耗。

在簇头选择过程中,每个节点随机产生 $[0, 1]$ 之间的随机数,然后和相应的阈值进行比较,如果小于自身的门限值,则该节点“告知”基站当选为簇头。这种簇头选择方法考虑了节点的剩余能量,能量使用效率得到了提高,延长了网络生命周期。簇头选择好后,非簇头节点会加入距离自己最近的簇头,成为其簇内成员。

2.3 数据传输

在数据传输过程中,当簇头节点剩余能量过少时,进行远距离传输会导致因能量过度消耗而“死亡”。为了进一步延长网络生命周期,提高能量的使用效率,本文采用两种数据传输方式:

当节点和基站的距离以及节点剩余能量和网络平均剩余能量满足条件 $d_{\text{toBS}} < d_0$ 与 $E_{\text{residual}}(i) < \overline{E(r)}$ 时,簇头节点采用单跳直接传送;相反,簇头通过多跳的方式将数据传输给基站。簇头节点按照时分多址接入(time division multiple access, TDMA)方式为簇内成员节点分配数据传输时间。

2.4 MHCADP 算法具体流程

MHCADP 算法详细步骤描述如下:

- (1) 确定基站部署位置,并根据监测环境和基站的距离划分三个不同区域。
- (2) 按照节点能量不同,分别部署在不同区域。
- (3) 初始化各个节点的参数,并计算 P 、 T 等值
- (4) 比较节点阈值 T 和自身随机数,取阈值小

于随机数的节点成为簇头，并通过网络通告自己当选。

(5) 簇头选择其通信范围内的节点成为簇内成员，完成组簇。

(6) 簇内成员节点采集监测环境信息，并传输给簇头节点，簇头节点判断自身和基站的距离以及剩余能量，并选择单跳传输或多跳传输。

3 仿真实验及结果分析

3.1 仿真环境

为了评价和分析本文算法的性能，使用 Matlab 进行仿真。实验环境如下：模拟区域为 $100m \times 100m$ 的正方形区域，并将该区域按照 2.1 中的理论划分为 α 区域、 β 区域、 γ 区域， γ 区域是以坐标 $(50, 50)$ 为中心的 $20m \times 20m$ 的范围， β 区域为围绕 γ 区域以外宽度为 $20m$ 的范围， α 区域为围绕 β 区域以外宽度为 $20m$ 的范围，基站位于网络中心，网络部署如图 3 所示。

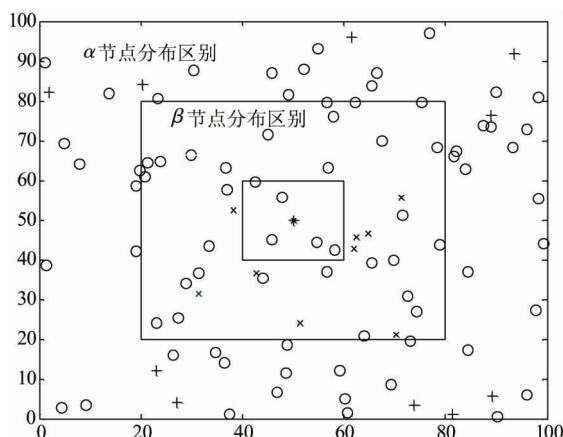


图 3 节点分布图

由能量消耗模型可知，传输相同 bit 的数据，传输距离越远，消耗的能量越大，为了有效延长网络的生命周期，应该在距离基站较远的监测区域部署能量较大的节点。图 3 给出了网络节点部署模型，该模型中“+”代表 α 节点，能量最大，所以将 α 节点随机分布在距离基站最远的 α 区域；“*”代表 β 节点，能量次之，随机分布在 β 区域；“○”为 ω 节点，随机分布在整个网络环境中。

实验仿真参数如表 1 所示。

表 1 仿真参数表

参数	值
E_0	0.5J
A	0.1, 0.2
B	0.1, 0.2
α	2
β	1, 1.5
E_{DA}	5nJ/bit/signal
E_{elec}	50nJ/bit
ε_{fs}	10pJ/bit/m ²
ε_{mp}	0.0013pJ/bit/m ⁴
P_{opt}	0.1
E_α	$E_0(1 + \alpha)$
E_β	$E_0(1 + \beta)$
N	100
数据包长度	4000bit

3.2 仿真结果及分析

为了验证本文算法的有效性，将本文提出的 MHCADP 算法与 LEACH、SEP 协议在同等仿真环境中进行了比较。在多级异构网络下，则使用 LEACH 和 SEP 在多级异构网络的扩展协议，考虑下面两种情况下算法的性能。

图 4(a)给出了仿真轮数与网络中死亡节点数的变化关系，即网络的生命周期。从图中可以看出，MHCADP 算法的第一个节点死亡轮数大于 LEACH 和 SEP 算法，提高了近 52%，这表明 MHCADP 算法的稳定周期大于 LEACH 和 SEP 算法。同时，随着网络运行，相比 LEACH、SEP 算法，MHCADP 算法节点死亡速率较小，从而有效地延长了网络生命周期。这是由于 LEACH 没有考虑节点能量的差异，而是将所有节点平等对待，这导致普通节点在几乎相同的时间死掉，因此其并不适合能量异构的网络。相比于 LEACH，SEP 更适合异构网络，但是 SEP 没有考虑节点的剩余能量。所以 MHCADP 算法将不同初始能量的节点区别对待，并根据基站和监测区域之间的距离来部署不同的节点，从而获得了比 LEACH 和 SEP 更长的稳定周期和生命周期。

图 4(b)给出了网络运行轮数和剩余能量的关

系,从图中可以看出,相比于 LEACH 和 SEP 算法,同样的运行轮数下,MHCADP 算法能量消耗较少,这说明 MHCADP 算法平衡节点间的能耗,具有更好的网络监测质量。

图 4(c)给出了轮数和基站接收到数据包总量

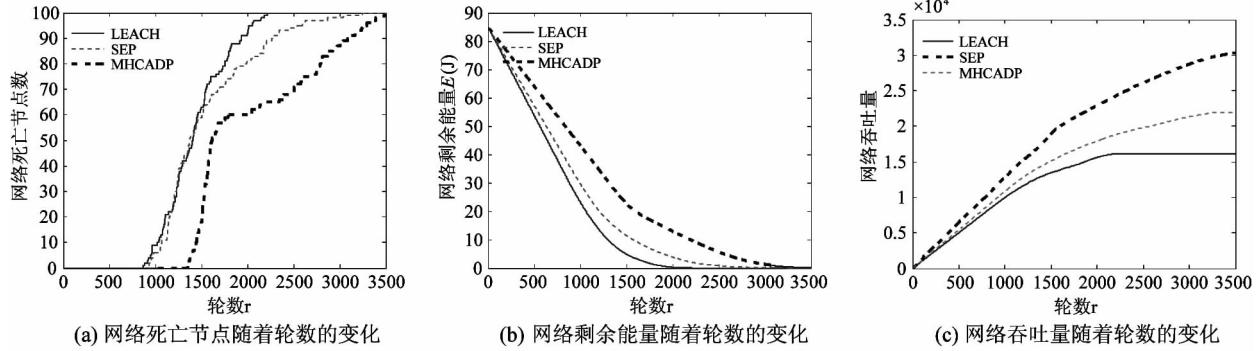


图 4 本文算法与 LEACH,SEP 算法对比 ($A = 0.2, B = 0.2, \alpha = 2, \beta = 1.5$)

为了不失一般性,将仿真参数变为 $A = 0.1, B = 0.1, \alpha = 2, \beta = 1$, 这降低了高能量节点数的比例,同时降低了 β 节点的初始能量。从图 5(a)的网络死亡节点数和轮数关系图可以看出,MHCADP 算法性能同样优于 LEACH 和 SEP, 稳定周期相比与

LEACH 和 SEP 分别提高 71% 和 50%。图 5(b)和图 5(c)分别给出了网络剩余能量、基站接收到数据包数量和轮数的关系,和图 4、图 5(a)一样,MHCADP 算法性能同样优于 LEACH、SEP。这表明本文算法更适用于能量异构的无线传感器网络。

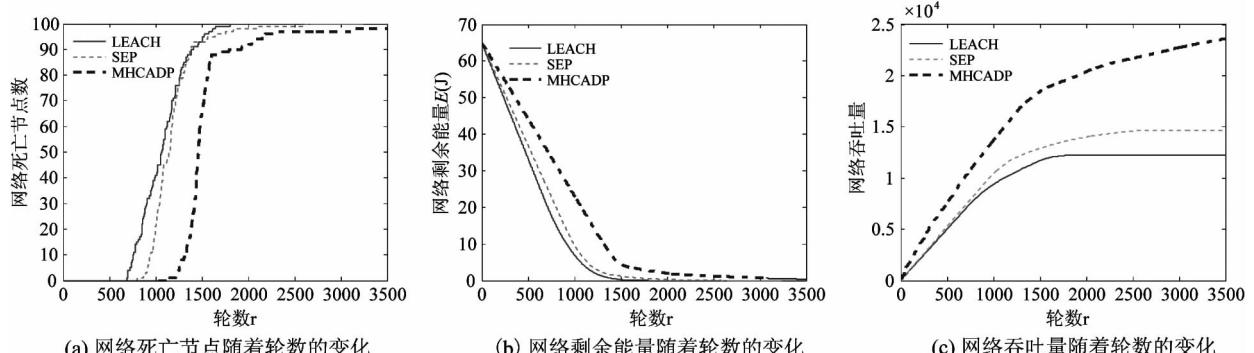


图 5 MHCADP 算法与 LEACH,SEP 算法对比 ($A = 0.1, B = 0.1, \alpha = 2, \beta = 1$)

4 结 论

本文提出了一种能量高效的多级异构无线传感器网络成簇算法(MHCADP)。MHCADP 算法利用节点初始能量不同的特点,将网络划分三种不同的区域,并根据不同区域和基站距离的关系部署不同的节点。在簇头选择过程中考虑节点的剩余能量,避免高能量节点在多次担任簇头后,剩余能量低于

普通节点的情况下继续担任簇头,从而均衡了网络能量消耗,有效地延长了网络生命周期。在数据传输过程中,同时考虑了节点和基站的距离以及自身剩余能量,选择不同的传输方式,避免了能量浪费,提高了能量使用效率。通过仿真进行了本文算法与 LEACH 和 SEP 算法相比,结果显示网络稳定周期和生命周期都延长了 50% 以上,这表明本文算法具有更好的性能,对能量异构环境的适应性和可扩展性更好。

参考文献

- [1] Abbasi A Z, Islam N, Shaikh Z A. A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. *Computer Standards & Interfaces*, 2014, 36(2) : 263-270
- [2] Rawat P, Singh K D, Chaouchi H, et al. Wireless sensor networks: a survey on recent developments and potential synergies. *The Journal of Super Computing*, 2014, 68(1) : 1-48
- [3] Pantazis N, Nikolidakis S A, Vergados D D. Energy-efficient routing protocols in wireless sensor networks: a survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2013, 15(2) : 551-591
- [4] Singh S P, Sharma S C. A survey on cluster based routing protocols in wireless sensor networks. *Procedia Computer Science*, 2015, 45 : 687-695
- [5] Heinzelman W R, Chandrakasan A, Balakrishnan H. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks. In: Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, USA, 2000. 1-10
- [6] Ding P, Holliday J A, Celik A. Distributed energy-efficient hierarchical clustering for wireless sensor networks. In: International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems, Springer Berlin Heidelberg, 2005. 322-339
- [7] Li C F, Ye M, Chen G H, et al. An energy-efficient un-
- equal clustering mechanism for wireless sensor networks. In: Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems Conference (MASS), Washington, USA, 2005. 596-604
- [8] Manjeshwar A, Agrawal D P. TEEN: a routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks. In: Proceedings of the 15th International Parallel and Distributed Processing Symposium, San Francisco, USA, 2001. 2009-2015
- [9] Smaragdakis G, Matta I, Bestavros A. SEP: a stable election protocol for clustered heterogeneous wireless sensor networks. In: Proceedings of the 2nd International Workshop on Sensor and Actor Network Protocols and Applications, Boston, USA, 2004. 1-11
- [10] Aderohunmu F A, Deng J D. An enhanced stable election Protocol for Clustered Heterogeneous WSN. In: Proceedings of 9th International Symposium SEP) for Clustered Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science, Hong Kong, China, 2010. 1-6
- [11] 刘唐, 杨进. 非均匀分布异构传感器网络动态多簇头成簇算法. 小型微型计算机系统, 2013, 34(5) : 974-978
- [12] 刘唐, 汪小芬, 杨进. 基于相对距离的多级能量异构传感器网络成簇算法. 计算机科学, 2012, 39(8) : 119-121

A multilevel heterogeneous clustering algorithm based on distance partition for wireless sensor networks

Zhong Dafu*, Xue Jingjing**, He Feng**, Tang Yifang*, Zhao Shijun**

(* Computer Engineering Technical College, Guangdong Institute of Science and Technology, Zhuhai 519090)

(** School of Information and Control Engineering, China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580)

Abstract

To prevent node premature death in a wireless sensor network (WSN) caused by long distance inter-node communication and effectively prolong the life cycle of the network, an energy efficient multilevel heterogeneous clustering algorithm based on distance partition for WSNs, called the MHCADP, was proposed. The algorithm divides the monitoring area into three parts, and deploys three types of nodes according to the distance from each monitoring area to the base station. In the cluster head election process, it elects the cluster head node according to the proportion of average energy and residual energy of the node, allowing the node with high initial and residual energy to have more opportunities to become cluster heads than the low energy nodes. In addition, during the data transmission, it chooses the single hop or multi hop according to the distance from the base station to the node and self-residual energy. In order to verify the validity of the algorithm, its experimental results were compared with the algorithms of low-energy adaptive clustering hierarchy (LEACH) and stable election protocol (SEP), and it shows that the MHCADP can effectively reduce the network energy consumption and balance the network load, so that the network stability cycle and life cycle are extended by more than 50%.

Key words: wireless sensor network (WSN), multilevel heterogeneous, clustering algorithm, energy efficiency, energy balance