



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114363852 A

(43) 申请公布日 2022.04.15

(21) 申请号 202210051628.9

H04W 28/08 (2009.01)

(22) 申请日 2022.01.17

(71) 申请人 北京工商大学

地址 100048 北京市海淀区阜成路33号

(72) 发明人 孙茜 羊峰波 王小艺 许继平

张慧妍 王立 于家斌 赵峙尧

彭霄 田思琦

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责

任公司 11251

代理人 江亚平

(51) Int. Cl.

H04W 4/38 (2018.01)

H04W 24/02 (2009.01)

H04W 24/06 (2009.01)

H04W 16/22 (2009.01)

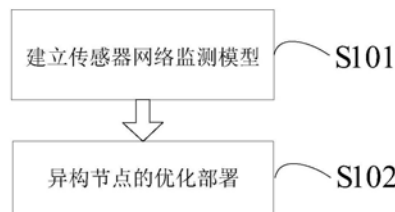
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种增强网络抗毁性的异构节点优化部署方法

(57) 摘要

本发明提出了一种增强网络抗毁性的异构节点优化部署方法,在无线传感器网络中,传感器节点采用多跳方式传输数据。数据传输所需的大量跳数会导致整个网络的能量消耗不均匀以及大的数据传输延迟,极大影响了网络的抗毁性。本发明通过在传感器网络中增加异构节点,并在每一轮分簇后找到全局最优的异构节点部署位置部署异构节点,通过异构节点与汇聚节点建立捷径进行通信,构造具有小世界特性的异构传感器网络。同时,考虑到实际部署操作问题,设置了异构节点移动位置的阈值,在满足网络抗毁性的基础上,极大地简便了部署难度。进一步,分析了网络的生命周期和容错能力,可知在增加异构节点后,网络的抗毁性得到了极大的提高。



1. 一种增强网络抗毁性的异构节点优化部署方法,其特征在于:

在二维监测区域中随机部署传感器节点,并设置一个汇聚节点Sink,通过添加一个异构节点,提高网络的抗毁性;异构节点具有能量可补充,传输距离远的特点,可直接与Sink通信;

对二维监测区域进行网格划分,除已有传感器节点的位置外,所有网格点都可作为添加异构节点的位置,假设共有M个网格点可作为部署异构节点的位置;

异构节点的初始位置为 $h(u_c, v_c)$,网络中部署的节点按DEEC算法进行分簇后,共有N个簇头节点,它们的位置为 $v_i(x_i, y_i)$, $i=1, 2, \dots, N$, Sink节点的位置为 (x_m, y_m) ;簇头节点的数据传输方式分为簇头节点直接采用多跳传输的方式将数据传输至Sink节点或通过超级链路将数据传输至Sink节点;

簇头节点将数据直接多跳传输至Sink时,簇头节点 v_i 通过贪婪算法寻找到将数据传送至Sink节点的最短传输路径,设置簇头节点 v_i 将数据传输至Sink节点的距离为 d_i^s 。簇头节点 v_i 通过超级链路将数据传输至Sink节点时,簇头节点 v_i 同样通过贪婪算法寻找到所有邻居簇头节点到异构节点h的最短传输路径,设置簇头节点 v_i 将数据传输至异构节点h的距离为 d_i^h ,当数据传输至异构节点后,异构节点再通过超级链路将数据传输至Sink节点;

根据簇头节点到异构节点的传输距离 d_i^h 和到Sink节点的传输距离 d_i^s 判断簇头节点的数据传输方式;当 $d_i^s \geq d_i^h$ 时,则簇头节点通过异构节点与Sink节点间的超级链路将数据传输至Sink节点;当 $d_i^s < d_i^h$ 时,则簇头节点直接多跳传输至Sink节点;

假设网络中有S个簇头节点直接通过多跳传输的方式将数据传输至Sink节点,H个簇头节点通过超级链路将数据传达至Sink节点,满足 $H+S=N$;在具有异构节点的无线传感器网络模型中,由于异构节点和Sink节点的能量可补充,故可不考虑在异构节点与Sink节点间建立的超级链路中进行数据传输的能量消耗;因此,在计算能耗时只需考虑簇头节点将数据传输至异构节点的距离;

当H个簇头节点通过超级链路将数据传输至Sink时,给传输路径中的中继簇头节点标号,假设有1个中继簇头节点,坐标为 (α_n, β_n) , $n=1, 2, \dots, 1$,传输距离公式(1)如下所示:

$$d_i^h = \sqrt{(x_i - \alpha_1)^2 + (y_i - \beta_1)^2} + \sqrt{(\alpha_1 - \alpha_2)^2 + (\beta_1 - \beta_2)^2} + \dots + \sqrt{(\alpha_{l-1} - \alpha_l)^2 + (\beta_{l-1} - \beta_l)^2} + \sqrt{(\alpha_l - u_c)^2 + (\beta_l - v_c)^2} \quad (1)$$

同理,当S个簇头节点直接将数据传输至sink时,给传输路径中的中继簇头节点标号,假设有j个中继簇头节点坐标为 (γ_n, δ_n) , $n=1, 2, \dots, j$,传输距离公式(2)如下所示:

$$d_i^s = \sqrt{(x_i - \gamma_1)^2 + (y_i - \delta_1)^2} + \sqrt{(\gamma_1 - \gamma_2)^2 + (\delta_1 - \delta_2)^2} + \dots + \sqrt{(\gamma_{j-1} - \gamma_j)^2 + (\delta_{j-1} - \delta_j)^2} + \sqrt{(\gamma_j - x_m)^2 + (\delta_j - y_m)^2} \quad (2)$$

最后,再求出异构节点h在 $h(u_c, v_c)$ 位置时所有簇头节点将数据传输至汇聚节点sink的总距离d,d的计算公式(3)如下所示:

$$d = \sum_{i=1}^H d_i^h + \sum_{i=H+1}^N d_i^s \quad (3)$$

因为异构节点的初始位置 $h(u_c, v_c)$ 是随机的,需要找出一个全局最优的异构节点位置,

即使所有簇头节点将数据传输至汇聚节点sink的总距离d最小;在监测区域内共有M个位置可作为异构节点的位置,可得到给定不同位置的异构节点时,所有普通节点到达Sink的距离和的集合 $D=(d_1, d_2 \cdots, d_M)$;求解集合D的最小值,即可确定异构节点的位置;

由于每一轮分簇后当选簇头的节点都不同,故每一轮异构节点的最优位置都会相应的变化;但异构节点在实际中部署的难度大,部署成本高,并且,异构节点的移动也会消耗大量的能量并且需要大量计算进行路径规划,在实际应用中出现了无法实现理想状态下根据每一轮分簇后异构节点的最优位置进行实时部署的问题;因此,本发明设置异构节点移动位置的阈值范围,设置为监测区域长度的30%,若本轮分簇后的异构节点最优位置与上一轮分簇后的异构节点最优位置的距离小于所设定的阈值,则异构节点不移动,本轮的异构节点位置设定等于上一轮的位置,反之,异构节点则移动到本轮的位置。

一种增强网络抗毁性的异构节点优化部署方法

技术领域

[0001] 本发明涉及无线传感器网络领域,尤其涉及一种增强网络抗毁性的异构节点优化部署方法的研究。

背景技术

[0002] 无线传感器网络因其低成本和易部署的特点而被应用于许多领域。无线传感器网络通过在环境中部署大量传感器节点,采用无线协作方式,可有效感知与处理各种环境与目标信息。网络节点通常采用移动电源供电,常因节点能量快速耗尽而无法正常工作。失效节点将造成网络连通性与覆盖度下降,并进而导致全局网络受损。因此,降低能量消耗是无线传感器网络的一个重要挑战。

[0003] 小世界网络同时具有较短的平均路径长度和较高的聚类系数。在传感器网络中,小的平均路径长度意味着节点传送数据到汇聚节点时只需要较少的跳数和能量。而大的聚类系数意味着网络中局部信息的传播范围比较广,局部节点间的联系比较紧密,使得网络中数据存在一定程度的冗余。所以较大的聚类系数可以提高网络的容错能力,延长了网络的生命周期。

[0004] 在无线传感网络中,簇头节点因要承担收集并转发簇内节点所感知信息的任务所以能量消耗较快,靠近Sink节点的簇头节点因承担更多的转发任务而使能量消耗得更快。为解决这种因负载不均匀导致的网络能量消耗过大过快的问题。

[0005] 本发明在网络中加入可与Sink节点直接通信的异构节点,该异构节点能量可补充。通过异构节点与Sink之间形成的超级链路作为捷径来构造具有小世界效应的异构传感器网络。异构节点的加入和超级链路的构建可以均衡网络负载,缩短数据传输路径的长度,增加节点间的联系,增强网络的抗毁性。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提出一种增强网络抗毁性的异构节点优化部署方法为无线传感器网络的抗毁性提升提供理论基础,可广泛应用于物联网等相关领域。

[0007] 为达到上述目的,本发明提出一种增强网络抗毁性的异构节点优化部署方法,具体包括建立传感器网络监测模型和异构节点的优化部署两个基本步骤。

[0008] 步骤一,在本发明的一个实施例中,所述建立传感器网络监测模型进一步包括:对待监测区域进行网格化处理,以密度为 g_s 均匀划分网格,得到 Q 个网格点。除已有传感器节点的位置外,所有网格点都可作为添加异构节点的位置,假设有 M 个网格点可作为添加异构节点的位置。

[0009] 在二维监测区域中随机部署传感器节点,并设置一个汇聚节点Sink,通过添加一个异构节点,提高网络的抗毁性;异构节点具有能量可补充,传输距离远的特点,可直接与Sink通信。

[0010] 步骤二,在本发明的一个实施例中,所述异构节点的优化部署进一步包括:异构节

点的初始位置为 $h(u_c, v_c)$,网络中部署的节点按DEEC算法进行分簇后,共有N个簇头节点,它们的位置为 $v_i(x_i, y_i)$, $i=1,2,\dots,N$,Sink节点的位置为 (x_m, y_m) ;簇头节点的数据传输方式分为簇头节点直接采用多跳传输的方式将数据传输至Sink节点或通过超级链路将数据传输至Sink节点;

[0011] 簇头节点将数据直接多跳传输至Sink时,簇头节点 v_i 通过贪婪算法寻找到将数据传送至Sink节点的最短传输路径,设置簇头节点 v_i 将数据传输至Sink节点的距离为 d_i^s 。簇头节点 v_i 通过超级链路将数据传输至Sink节点时,簇头节点 v_i 同样通过贪婪算法寻找到所有邻居簇头节点到异构节点h的最短传输路径,设置簇头节点 v_i 将数据传输至异构节点h的距离为 d_i^h ,当数据传输至异构节点后,异构节点再通过超级链路将数据传输至Sink节点;

[0012] 根据簇头节点到异构节点的传输距离 d_i^h 和到Sink节点的传输距离 d_i^s 判断簇头节点的数据传输方式;当 $d_i^s \geq d_i^h$ 时,则簇头节点通过异构节点与Sink节点间的超级链路将数据传输至Sink节点;当 $d_i^s < d_i^h$ 时,则簇头节点直接多跳传输至Sink节点;

[0013] 假设网络中有S个簇头节点直接通过多跳传输的方式将数据传输至Sink节点,H个簇头节点通过超级链路将数据传达至Sink节点,满足 $H+S=N$;在具有异构节点的无线传感器网络模型中,由于异构节点和Sink节点的能量可补充,故可不考虑在异构节点与Sink节点间建立的超级链路中进行数据传输的能量消耗;因此,在计算能耗时只需考虑簇头节点将数据传输至异构节点的距离;

[0014] 当H个簇头节点通过超级链路将数据传输至Sink时,给传输路径中的中继簇头节点标号,假设有l个中继簇头节点,坐标为 (α_n, β_n) , $n=1,2,\dots,l$,传输距离公式如下所示:

$$[0015] \quad d_i^h = \sqrt{(x_i - \alpha_1)^2 + (y_i - \beta_1)^2} + \sqrt{(\alpha_1 - \alpha_2)^2 + (\beta_1 - \beta_2)^2} + \dots \\ + \sqrt{(\alpha_{l-1} - \alpha_l)^2 + (\beta_{l-1} - \beta_l)^2} + \sqrt{(\alpha_l - u_c)^2 + (\beta_l - v_c)^2}$$

[0016] 同理,当S个簇头节点直接将数据传输至sink时,给传输路径中的中继簇头节点标号,假设有j个中继簇头节点坐标为 (γ_n, δ_n) , $n=1,2,\dots,j$,传输距离公式如下所示:

$$[0017] \quad d_i^s = \sqrt{(x_i - \gamma_1)^2 + (y_i - \delta_1)^2} + \sqrt{(\gamma_1 - \gamma_2)^2 + (\delta_1 - \delta_2)^2} + \dots \\ + \sqrt{(\gamma_{j-1} - \gamma_j)^2 + (\delta_{j-1} - \delta_j)^2} + \sqrt{(\gamma_j - x_m)^2 + (\delta_j - y_m)^2}$$

[0018] 最后,再求出异构节点h在 $h(u_c, v_c)$ 位置时所有簇头节点将数据传输至汇聚节点sink的总距离d,d的计算公式如下所示:

$$[0019] \quad d = \sum_{i=1}^H d_i^h + \sum_{i=H+1}^N d_i^s$$

[0020] 因为异构节点的初始位置 $h(u_c, v_c)$ 是随机的,需要找出一个全局最优的异构节点位置,即使所有簇头节点将数据传输至汇聚节点sink的总距离d最小;在监测区域内共有M个位置可作为异构节点的位置,可得到给定不同位置的异构节点时,所有普通节点到达Sink的距离和的集合 $D = (d_1, d_2, \dots, d_M)$;求解集合D的最小值,即可确定异构节点的位置;

[0021] 由于每一轮分簇后当选簇头的节点都不同,故每一轮异构节点的最优位置都会相应的变化;但异构节点在实际中部署的难度大,部署成本高,并且,异构节点的移动也会消耗大量的能量并且需要大量计算进行路径规划,在实际应用中出现了无法实现理想状态下

根据每一轮分簇后异构节点的最优位置进行实时部署的问题;因此,本发明设置异构节点移动位置的阈值范围,设置为监测区域长度的50%,若本轮分簇后的异构节点最优位置与上一轮分簇后的异构节点最优位置的距离小于所设定的阈值,则异构节点不移动,本轮的异构节点位置设定等于上一轮的位置,反之,异构节点则移动到本轮的位置。

[0022] 网络的抗毁性可通过分析网络的死亡的生命周期及网络的负载均衡度进行衡量。本发明通过对比DEEC算法、未加入阈值设置时的异构节点优化部署方法ODHN以及加入阈值设置时的异构节点优化部署方法ODHN-SMT,如发明附图2-图3所示。由图可以看出,ODHN算法的节点死亡速度要比DEEC算法的慢很多,ODHN算法节点全部死亡为第4602轮,而DEEC算法节点全部死亡为第2957轮,即ODHN算法生命周期比DEEC算法延长了55.6%。设置移动阈值时的ODHN-SMT算法和未设置移动阈值的ODHN算法性能相差无几,在可接受范围之内。无线传感器网络的负载均衡度,由簇内成员节点数、簇头节点数、以及网络总节点数的比值来决定。网络的均衡程度是跟这些参数有关的,簇头节点数越多,均衡度的值越小,说明网络越均衡。当网络负载均衡时,网络运行效率较高,网络负载均衡度的值较小且平稳保持。当网络负载不均衡,网络的运行效率下降,网络负载均衡度的值较大。如图3所示,DEEC算法在第2000轮以后,网络负载均衡度开始飙升,并在第2600轮以后网络彻底失效。ODHN算法、ODHN-SMT算法差不多都是在第3200轮以后,网络负载均衡度才开始飙升,并在第4500轮以后网络才彻底失效。因此,本发明提出的方法可以有效提高传感器网络的抗毁性。

附图说明

[0023] 图1为本发明实施例的一种增强网络抗毁性的异构节点优化部署方法流程图;

[0024] 图2为本发明实施例的网络的生命周期对比图;

[0025] 图3为本发明实施例的网络负载均衡度对比图。

具体实施方式

[0026] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的意义。下面所描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能解释为对本发明的限制。

[0027] 本发明是针对无线传感器网络的安全性,提出的一种增强网络抗毁性的异构节点优化部署方法。

[0028] 为了能够对本发明有更清楚的理解,在此进行简要描述。本发明包括两个基本步骤:步骤一,建立传感器网络监测模型;步骤二,异构节点的优化部署。

[0029] 具体的,图1所示为本发明实施例的一种增强网络抗毁性的异构节点优化部署方法的流程图,包括以下步骤:

[0030] 步骤S101,建立传感器网络监测模型。

[0031] 在本发明的一个实施例中,首先,对待监测区域进行网格化处理,以密度为 g_s 均匀划分网格,得到 Q 个网格点。除已有传感器节点的位置外,所有网格点都可作为添加异构节点的位置,共有 M 个网格点可作为部署异构节点的位置。

[0032] 在二维监测区域中随机部署传感器节点,并设置一个汇聚节点Sink,通过添加一个异构节点,提高网络的抗毁性;异构节点具有能量可补充,传输距离远的特点,可直接与

Sink通信。

[0033] 步骤S102,异构节点的优化部署。

[0034] 在本发明的一个实施例中,异构节点的初始位置为 $h(u_c, v_c)$,网络中部署的节点按DEEC算法进行分簇后,共有N个簇头节点,它们的位置为 $v_i(x_i, y_i)$, $i=1,2,\dots,N$,Sink节点的位置为 (x_m, y_m) ;簇头节点的数据传输方式分为簇头节点直接采用多跳传输的方式将数据传输至Sink节点或通过超级链路将数据传输至Sink节点;

[0035] 簇头节点将数据直接多跳传输至Sink时,簇头节点 v_i 通过贪婪算法寻找到将数据传送至Sink节点的最短传输路径,设置簇头节点 v_i 将数据传输至Sink节点的距离为 d_i^s 。簇头节点 v_i 通过超级链路将数据传输至Sink节点时,簇头节点 v_i 同样通过贪婪算法寻找到所有邻居簇头节点到异构节点h的最短传输路径,设置簇头节点 v_i 将数据传输至异构节点h的距离为 d_i^h ,当数据传输至异构节点后,异构节点再通过超级链路将数据传输至Sink节点;

[0036] 根据簇头节点到异构节点的传输距离 d_i^h 和到Sink节点的传输距离 d_i^s 判断簇头节点的数据传输方式;当 $d_i^s \geq d_i^h$ 时,则簇头节点通过异构节点与Sink节点间的超级链路将数据传输至Sink节点;当 $d_i^s < d_i^h$ 时,则簇头节点直接多跳传输至Sink节点;

[0037] 假设网络中有S个簇头节点直接通过多跳传输的方式将数据传输至Sink节点,H个簇头节点通过超级链路将数据传达至Sink节点,满足 $H+S=N$;在具有异构节点的无线传感器网络模型中,由于异构节点和Sink节点的能量可补充,故可不考虑在异构节点与Sink节点间建立的超级链路中进行数据传输的能量消耗;因此,在计算能耗时只需考虑簇头节点将数据传输至异构节点的距离;

[0038] 当H个簇头节点通过超级链路将数据传输至Sink时,给传输路径中的中继簇头节点标号,假设有1个中继簇头节点,坐标为 (a_n, β_n) , $n=1,2,\dots,1$,传输距离公式如下所示:

$$[0039] \quad d_i^h = \sqrt{(x_i - a_1)^2 + (y_i - \beta_1)^2} + \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + (\beta_1 - \beta_2)^2} + \dots + \sqrt{(a_{l-1} - a_l)^2 + (\beta_{l-1} - \beta_l)^2} + \sqrt{(a_l - u_c)^2 + (\beta_l - v_c)^2} \quad (1)$$

[0040] 同理,当S个簇头节点直接将数据传输至sink时,给传输路径中的中继簇头节点标号,假设有j个中继簇头节点坐标为 (γ_n, δ_n) , $n=1,2,\dots,j$,传输距离公式如下所示:

$$[0041] \quad d_i^s = \sqrt{(x_i - \gamma_1)^2 + (y_i - \delta_1)^2} + \sqrt{(\gamma_1 - \gamma_2)^2 + (\delta_1 - \delta_2)^2} + \dots + \sqrt{(\gamma_{j-1} - \gamma_j)^2 + (\delta_{j-1} - \delta_j)^2} + \sqrt{(\gamma_j - x_m)^2 + (\delta_j - y_m)^2} \quad (2)$$

[0042] 最后,再求出异构节点h在 $h(u_c, v_c)$ 位置时所有簇头节点将数据传输至汇聚节点sink的总距离d,d的计算公式如下所示:

$$[0043] \quad d = \sum_{i=1}^H d_i^h + \sum_{i=H+1}^N d_i^s \quad (3)$$

[0044] 因为异构节点的初始位置 $h(u_c, v_c)$ 是随机的,需要找出一个全局最优的异构节点位置,即使所有簇头节点将数据传输至汇聚节点sink的总距离d最小;在监测区域内共有M个位置可作为异构节点的位置,可得到给定不同位置的异构节点时,所有普通节点到达Sink的距离和的集合 $D = (d_1, d_2, \dots, d_M)$;求解集合D的最小值,即可确定异构节点的位置;

[0045] 由于每一轮分簇后,当选簇头的节点都不同,故每一轮异构节点的最优位置都会

相应的变化;但异构节点在实际中部署的难度大,部署成本高,并且,异构节点的移动也会消耗大量的能量并且需要大量计算进行路径规划,在实际应用中出现了无法实现理想状态下根据每一轮分簇后异构节点的最优位置进行实时部署的问题;因此,本发明设置异构节点移动位置的阈值范围,设置为监测区域长度的50%,若本轮分簇后的异构节点最优位置与上一轮分簇后的异构节点最优位置的距离小于所设定的阈值,则异构节点不移动,本轮的异构节点位置设定等于上一轮的位置,反之,异构节点则移动到本轮的位置。

[0046] 网络的抗毁性可通过分析网络的死亡的生命周期及网络的负载均衡度进行衡量。本发明通过对比DEEC算法、未加入阈值设置时的异构节点优化部署方法ODHN以及加入阈值设置时的异构节点优化部署方法ODHN-SMT,如发明书附图2-图3所示。由图可以看出,ODHN算法的节点死亡速度要比DEEC算法的慢很多,ODHN算法节点全部死亡为第4602轮,而DEEC算法节点全部死亡为第2957轮,即ODHN算法生命周期比DEEC算法延长了55.6%。设置移动阈值时的ODHN-SMT算法和未设置移动阈值的ODHN算法性能相差无几,在可接受范围之内。无线传感器网络的负载均衡度,由簇内成员节点数、簇头节点数、以及网络总节点数的比值来决定。网络的均衡程度是跟这些参数有关的,簇头节点数越多,均衡度的值越小,说明网络越均衡。当网络负载均衡时,网络运行效率较高,网络负载均衡度的值较小且平稳保持。当网络负载不均衡,网络的运行效率下降,网络负载均衡度的值较大。如图3所示,DEEC算法在第2000轮以后,网络负载均衡度开始飙高,并在第2600轮以后网络彻底失效。ODHN算法、ODHN-SMT算法差不多都是在第3200轮以后,网络负载均衡度才开始飙高,并在第4500轮以后网络才彻底失效。因此,本发明提出的方法可以有效提高传感器网络的抗毁性。

[0047] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制。本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改,或对其中部分技术特征进行等同替换,而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围,本发明的范围由所附权利要求及其等同限定。

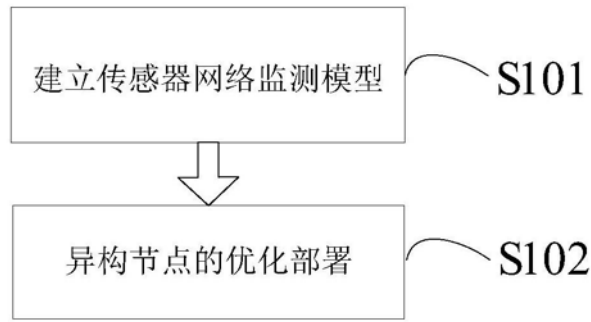


图1

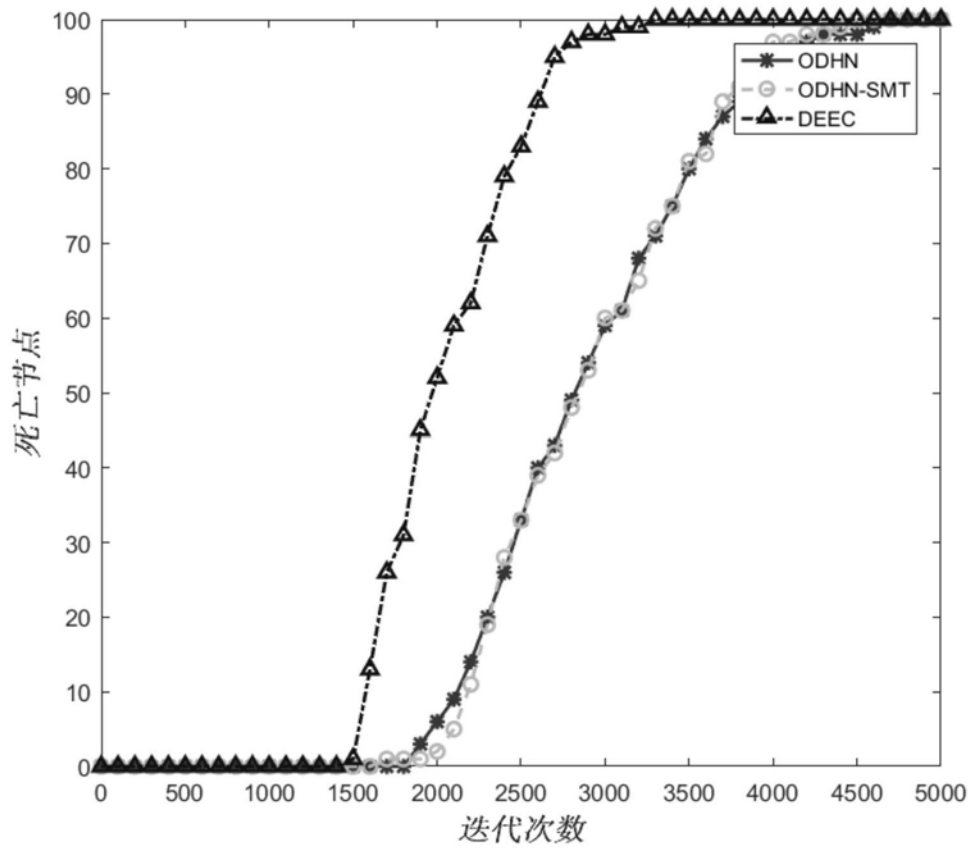


图2

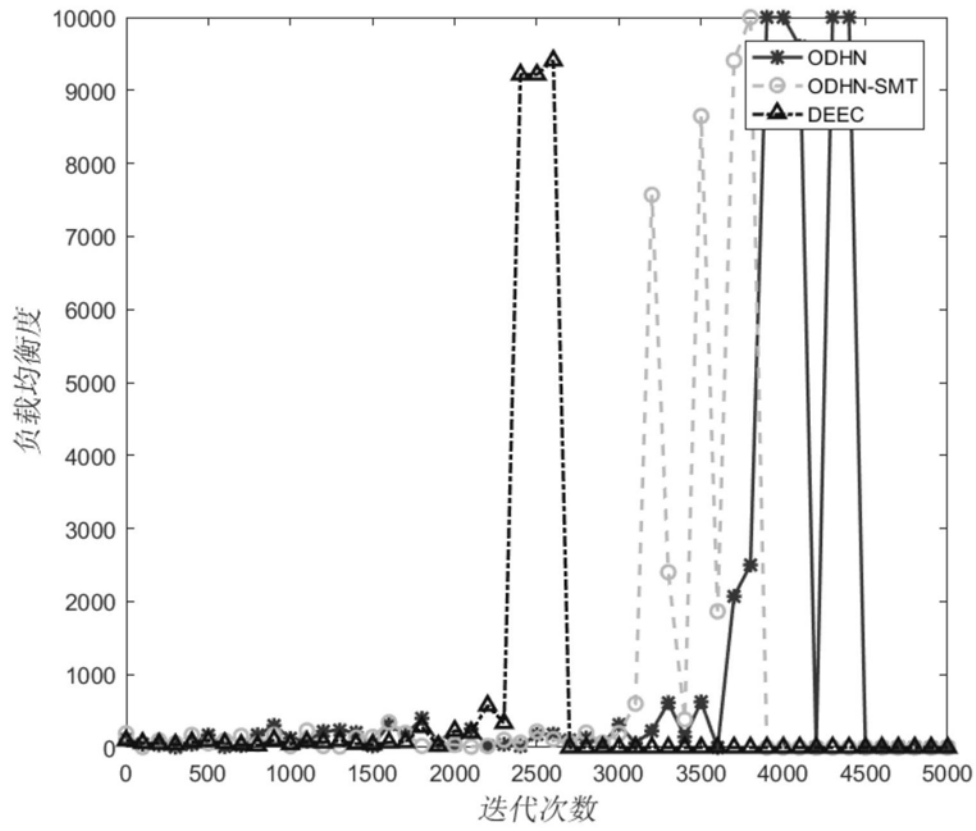


图3