

针对单区域突发流量的移动 Sink 路径规划

万 成 常 捷 张 灵

(广东工业大学计算机学院 广州 510006)

摘 要 在传感器节点定期收集全网数据且单区域可能突发事件的密集型无线传感网中,如果产生区域突发事件,需要在短时间内将突发事件数据准确地发送到基站,同时也要兼顾其他区域定期产生的数据。提出针对单区域突发流量的移动 Sink 路径规划算法,首先将网络划分为虚拟网格,每个网格为一个簇,将节点划分到各个网格并选举簇头;然后通过 TSP 相关算法建立最短遍历路径, Sink 节点通过该路径收集全网数据。如果某区域有突发流量产生, Sink 节点将动态改变移动路径去收集数据。大量基于 NS-2 平台的仿真实验结果表明,该路径规划算法能动态改变路径来收集数据,均衡突发数据流量的准确性、实时性和定期产生的区域数据流量的丢包率、数据收集时延,延长网络生命周期。

关键词 无线传感器网络,突发流量,移动 Sink,路径规划

中图法分类号 TP393.01 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2017.05.011

Dynamic Path Planning Design of Mobile Sink for Single Region Bursty Traffic

WAN Cheng CHANG Jie ZHANG Ling

(School of Computer, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract In a wireless sensor network which sensor nodes collect the whole network data periodically, the bursty data traffic need to be sent to base station correctly in short time if a region generates some. At the same time, we must take the regular data of other regions into consideration. This paper proposed a dynamic path planning for mobile Sink algorithm. First at all, the network is divided into square virtual grids and each grid is a cluster, dividing every singal node to a grid and selecting the cluster head. Secondly, a mobile Sink is used to collect data through the shortest path which is established by related TSP algorithm. Finally, mobile Sink will change the path dynamically to collect data when there is a bursty data traffic in any region. After lots of simulation in NS-2 simulation platform, it shows that the proposed algorithm can change the path of mobile Sink dynamically to collect the bursty data traffic correctly as soon as possible, balance accuracy, real time of bursty data traffic and packet loss rate, delay of periodic reginal data flow, and prolong the network lifetime as well.

Keywords Wireless sensor network, Bursty data traffic, Mobile Sink, Path planning

1 引言

近年来,无线传感网(Wireless Sensor Network, WSN)被应用于各个领域。WSN 通常由许多部署在监控区域的独立且能量有限的传感器节点和一定数量的汇聚(Sink)节点构成。传感器节点分布在监控网络中的各个区域执行不同的任务,如海洋探测、战场目标定位、生理数据收集、智能交通系统等^[1]。传感器节点使用电池供电,由于更换电池难度大,因此降低 WSN 中节点的能量消耗一直是研究的重点之一。在水体元素检测、野生动物监控等无线传感网中,需要周期性地收集整个监测区域的相关数据,并且在 WSN 中的局部有害元素突然增多、野生动物突然出现异常等情况下,需要在短时间内收集突发事件数据并准确上传,同时尽可能减少收集其他区域数据的时延。针对以上需求,本文提出针对单区域突发流量的移动 Sink 路径规划(Dynamic Path Planning for Mobile Sink with a Region has Bursty Traffic, DPPMSRBT)算

法。首先规划好周期性收集全网数据的 Sink 节点路径,在区域产生突发事件流量时,根据当前状态做出响应,动态调整 Sink 节点路径,更好地兼顾突发流量数据和节点收集的周期性数据,减少全网丢包率和时延,节省节点能量,以延长网络生命周期。

2 相关工作

WSN 中,通常需将传感器节点收集的数据传送到静态 Sink 节点,距离 Sink 节点越近的节点能量消耗越大,容易出现热点效应^[2]。针对此情况,有许多研究引入了移动 Sink 来解决热点效应问题,如文献[4]提到的 TRAIL 算法、文献[4]提到的 TTDD 算法和文献[5]提到的 QCCA 算法等。利用移动 Sink 节点的路径规划去收集数据,能有效地缩短数据传输路径,降低数据传输时延,延长网络的生存周期。

林志贵等^[6]为了延长带 Sink 节点的无线传感网的生存周期,提出带移动节点的 WSN 节能移动路由算法(an Ener-

到稿日期:2016-04-07 返修日期:2016-07-14 本文受广东省产学研合作专项项目(2014B090904080),广州市科技计划项目(2014J4100228)资助。

万 成(1992—),硕士生,主要研究方向为智能优化算法研究与应用、无线传感网络传输技术;常 捷(1991—),硕士生,主要研究方向为智能优化算法研究与应用、无线传感网络传输技术;张 灵(1968—),博士,教授,主要研究方向为智能优化算法研究与应用、无线传感网络传输技术。

gy-efficient Mobile Routing Algorithm, MERRMRP)。该算法基于网格思想,根据节点的剩余能量以及离簇终点重心坐标的加权和来选举簇头,若某区域有突发事件引起区域信息量增大,则多增加一个移动中继节点来专门收集该区域的数据。但该算法并没有深入地探讨突发流量的问题。

宋世杰等^[7]为了能高效地求解最短路径和 TSP 问题,利用速度恒定的蚂蚁群中行走最短路径的蚂蚁首先到达终点这个基本原理,提出一种改进的蚁群算法(an Improved Ant Colony Algorithm Solving the Shortest Path and Tsp Problem, IACASSPTP)。该改进算法在单个蚂蚁到达终点时停止,避免了蚂蚁往返爬行消耗的时间,能较快地求出全局最优解或次优解,且算法的时间复杂度是线性级的,收敛速度快。

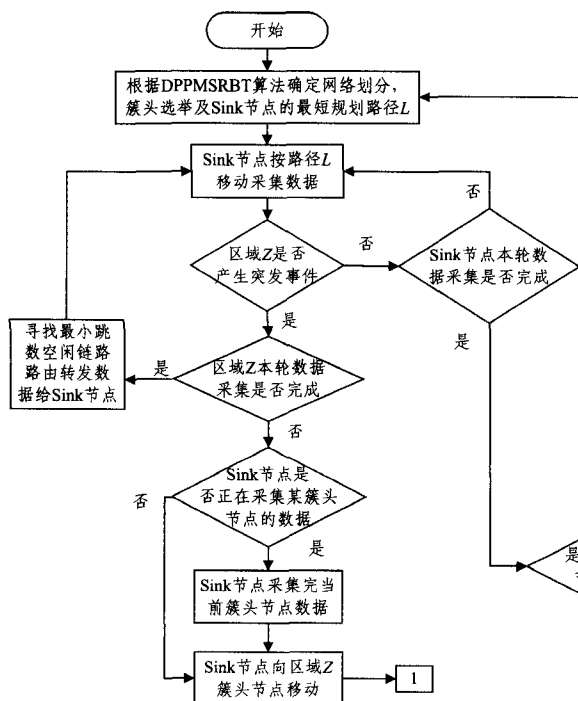
文献[8]针对网络中存在的紧急事件数据传输,提出了 HexDD(Honeycomb Architecture and Hexagonal Tiling-Based Data Dissemination)协议。HexDD 协议是在将网络划分为独立六边形网格的基础上,建立横贯网络的边界线,并将紧急事件数据存储于边界线上的节点中。移动 Sink 在网络中随机移动,通过发送查询包从边界节点处获取紧急数据。该方法建立的边界线横贯中心网格,中心网格能量消耗过快,易导致网络瘫痪。该方法主要讨论有紧急事件时,如何提高数据转发率并降低时延,不适用于需要周期性收集全网数据并兼顾突发事件的情况。

目前已有研究中,对周期性收集数据的网络和突发流量的讨论总是分开进行的。在各区域产生周期性信息数据,且在单区域可能有突发事件产生的无线传感网中,如何均衡突发流量数据和全网周期性节点数据的收集,如何在满足突发流量数据的实时性和准确性的同时减少其他区域数据收集的时延的丢包率,目前还没有研究提出优化或解决方案。

3 网络模型与问题描述

3.1 问题描述

针对密集型无线传感器网络需要定期采集全网数据,假



设在一轮数据收集过程中只有单个区域可能会产生突发流量。为解决这一问题,本文提出 Sink 节点动态移动策略。首先将监测区域划分为独立相等的虚拟网格,每个网格选举一个节点作为簇头,各个簇头的位置为 Sink 节点移动的备选位置;然后将 Sink 节点的移动位置转化成一个经典的旅行商问题(Traveling Salesman Problem, TSP)。如果某区域产生突发事件,需保证在最短的时间内收集到准确的突发事件数据,并尽可能地减少收集其他节点数据的时延,节省节点能量。

3.2 网络模型

N 个传感器节点均匀分布在正方形的监控区域中,传感器节点采用电池供电,能量、计算能力、存储能力有限。移动 Sink 节点从边界的某点出发,沿规划路径以速度 v_s 匀速移动,周期性地采集监控区域数据。当 Sink 节点移动到节点通信范围内时,监控区域的节点通过单跳的方式与之通信。

3.3 网络假设

针对该网络给出如下假设:1)网络中的节点均匀分布,具有唯一的 ID,部署后不再移动;2)网络中的所有节点具有相同的初始能量、通信半径及收发功率;3)Sink 节点的能源不受限制, Sink 节点以恒定速度 v_s 移动,该速度较传感节点发送数据的频率缓慢,不影响数据的收发;4)各传感器节点可以通过 GPS 或其他定位算法获得自己的位置信息;5)Sink 节点除了能在检测区域内自由移动与传感器节点通信外,还可通过无线方式接入现有网络。

本文采用简单能耗模型,假设网络中的所有节点采用固定的发射功率和接收功率。Sink 节点回到原点,则完成一轮数据采集。

4 路径优化算法

4.1 DPPMSRBT 算法流程

DPPMSRBT 算法流程图如图 1 所示。

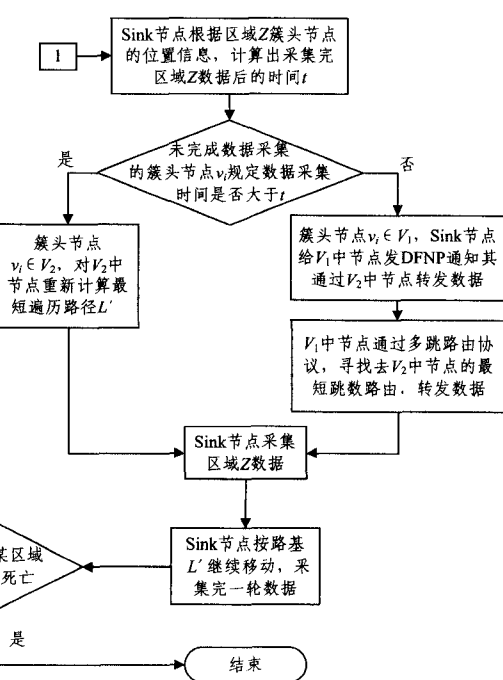


图 1 DPPMSRBT 算法流程图

4.2 DPPMSRBT 算法实现

步骤1 在 Sink 节点路径的初始规划中,首先参考 MERRMRP 算法将监测区域划分为虚拟正方形单元格,依据位置信息将节点划入相应的单元格内。每个单元格为一簇,根据节点的剩余能量和离簇重心坐标距离的加权和选择簇头,避免剩余能量低的节点被选为簇头。其中,假设整个监测区域的面积为 S ,任意两个节点间的最大通信距离为 R ,所划分的单元格边长为 r 。为了保证两个相邻单元格之间的所有节点间的距离小于它们的无线通信距离,以及簇头节点代替同一单元格内所有节点进行通信时网络的连通性,所划分的单元格边长需满足条件:

$$r^2 + (2r)^2 \leq R \Rightarrow r \leq \frac{R}{\sqrt{5}}$$

(1)

每个簇中只有簇头节点保持活动状态,并与 Sink 节点进行数据交换,其他节点则进入睡眠状态。

步骤2 在收集数据开始前,Sink 节点根据簇头节点的位置信息,采用 IACASSPTP 算法可以求得簇头节点集的最短遍历路径 L 。获取最短遍历路径后,Sink 节点可以计算出到达每个簇头节点收集数据的规定时间。Sink 节点只收集一跳内节点的数据,采取动静结合的收集和移动方式,在每个簇头节点停留时间 t_i 来收集数据。根据各区域数据量的大小可以调节 t_i 的值。

在无突发事件时,Sink 节点按路径 L 移动来收集簇头节点数据,具体模型如图 2 所示。

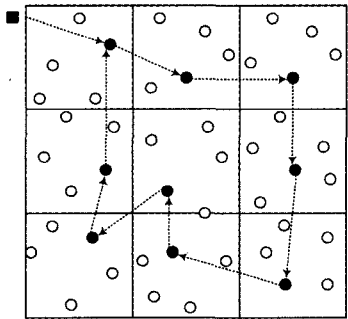


图2 基于网格划分的 Sink 数据收集路径模型

步骤3 某一时刻 Z 节点采集到突发事件流量,若 Sink 节点已经收集完 Z 节点所属区域的数据,由于路径前面的节点已经把数据转发给 Sink 节点,节点相对空闲,因此 Z 节点可以找到一条通信质量较好的最短路由直接将突发事件数据转发给 Sink 节点。 Z 节点发送路由查询包(Route Request Packet, ReqP),中途收到 ReqP 的节点根据自身的状态来选择是否接受转发任务。如果为 Sink 节点收集完数据的节点,则接收转发任务,添加路由表上一跳信息并将 ReqP 跳数加 1 继续转发给其他邻居节点,转发该包给自己的节点除外。本身有未转发数据的节点丢弃该 ReqP,Sink 节点选择跳数最小的 ReqP,返回一个路由回复包(route response packet, ResP),再根据上一跳信息建立反向路由,中途节点添加下一跳信息。 Z 节点收到 ResP 时,根据路由转发突发流量数据给 Sink 节点。路由表格式如图 3 所示。

目的节点	源节点	上一跳	下一跳	跳数
------	-----	-----	-----	----

图3 路由表格式

如果 Z 节点所属区域的数据还未采集,则 Z 节点需寻找路由发送突发事件通知包(Bursty Traffic Notify Packet,BT-NP)给 Sink 节点,并唤醒同单元格节点来帮助自己缓存数据,以防因数据量过大导致的丢包。Sink 节点根据当前的状态做出反应,若是正在收集某一簇头节点的数据,则先收集完该节点数据,再赶往 Z 节点;否则第一时间赶往 Z 节点收集突发事件数据。这里,假设每个节点需要 Sink 采集数据的时间相同,都为 t_i 。同时,Sink 节点根据 Z 节点位置信息(X_Z, Y_Z)和本身位置信息(X_S, Y_S)、 t_i 以及移动速度 V_S 可以得到去往 Z 节点收集完数据的时间 t 。

$$t = t_i + \frac{1}{V_s} \sqrt{(Y_Z - Y_S)^2 + (X_Z - X_S)^2}$$

(2)

然后,将已经收集完一轮数据的簇头节点纳入集合 V_0 ,将这一轮 Sink 节点还没有收集数据且规定收集数据时间小于 t 的簇头节点纳入集合 V_1 ,剩余这一轮未收集数据且规定收集数据时间大于 t 的簇头节点纳入集合 V_2 。Sink 节点在赶往 Z 节点的过程中,发送数据转发通知包(Data Forwarding Notify Packet,DFNP)给 V_1 中的节点通知其转发数据。 V_1 中的节点收到消息后,发送数据转发请求包(Data Forwarding Request Packet,DFReqP)查找路由跳数最小的 V_2 中的节点 m , V_2 中的节点收到后返回数据转发回复包(Data Forwarding Response Packet,DFResP)。 V_1 中的节点根据 DFResP 选择路由跳数最小的节点作为中转节点,如果有多个路由跳数最小的节点,则选择最先收到 DFResP 的那条路由,并发送数据转发确认包(Data Forwarding Ack Packet,DFAP)。考虑到单个节点能接收的数据量有限,为减小丢包率, V_2 中的节点 m 收到后,发送唤醒包(Awaken Packet,AwaP)到其单元格中的其他节点 m' 将数据转发给 Sink 节点。 m' 接收到唤醒包后,从睡眠状态恢复到工作状态,返回转发数据路由信息包(Data Forwarding Route Message Packet,DFRMP)给要转发数据的 V_1 中的节点。 V_1 中的节点收到此路由信息后,将自身收集到的数据转发给节点 m' ,由节点 m' 将数据转发给 Sink 节点。节点 m' 将数据转发给 Sink 节点后,又会进入睡眠模式。其中,若 V_2 中的某一簇头节点接收到一个 DFAP,则拒绝之后的所有数据转发请求,返回数据转发拒绝包(Data Forwarding Refuse Packet,DFRefP),以使转发节点均匀分布在不同的区域中,防止单区域过早地耗尽节点能量,形成能量黑洞,缩短网络生命周期。

Sink 节点对 V_2 中的节点重新利用 IACASSPTP 算法得出最小遍历路径 L' 。收集完节点 Z 的数据后,Sink 节点根据路径 L' 继续移动收集数据,直至采集完这一轮数据。

如图 4 所示,假设在收集 3 号簇头节点数据时,8 号簇头节点收集到突发事件信息。8 号节点为本轮未完成数据收集的簇头节点,所以立即发送 BTNP 给 Sink 节点并通知节点 8' 帮助自己缓存数据。Sink 节点收到后,收集完 3 号簇头节点的数据,然后赶往 8 号节点;同时,通过式(2)计算收集完 8 号节点数据的时间 t ,并与其他簇头节点的规定数据收集时间做比较。此时,6 号和 9 号节点的规定数据收集时间小于 t 。将 6 号、9 号节点归入 V_1 ,剩余未遍历的 4 号、5 号及 7 号节点归入 V_2 ,则 Sink 节点发送 DFNP 通知 V_1 中两个节点通过 V_2 中节点代为转发数据,6 号、9 号节点广播 DFReqP 寻找最短

跳数路由。得到 V_2 中各节点返回的 DFResP 中的路由信息，并挑选跳数最小的节点发送 DFAP。6 号、9 号节点的最小跳数路由均为 5 号节点，由于 5 号节点先收到 6 号节点的数据转发请求，给 6 号节点发出 DFAP。收到 9 号节点的数据转发请求时，给 9 号节点发出 DFRrefP。5 号节点收到 6 号节点的 DFAP 后，发送 AwaP 给同单元格的节点 5' 唤醒其代为转发数据，5' 节点根据唤醒包中包含的路由信息，返回 DFRMP 给 6 号节点。6 号节点发送数据给 5' 节点帮助转发。9 号节点选择 DFResP 中的最小路由跳数的 7 号节点，与 6 号节点类似，最后通过发送数据给 7' 节点帮助转发。Sink 节点采集完 8 号节点的突发事件流量后，根据 V_2 中的簇头节点重新规划路径，最后回到第一个采集数据的簇头节点，至此，一轮数据采集完成。

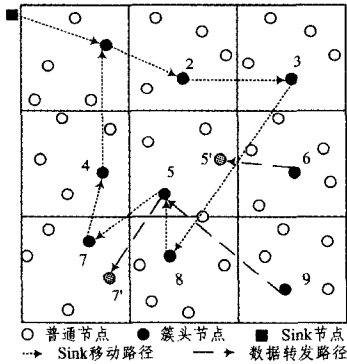


图 4 有突发流量的 Sink 数据收集模型

根据节点的能量剩余和离簇重心坐标，重新选举簇头节点并规划路径，进行下一轮数据的采集，直至某单元格节点全部消耗完能量或因其他原因死亡，网络生命周期结束。

5 仿真与结果分析

5.1 仿真平台

本文采用面向对象的网络仿真平台 NS-2 对 DPPMSRBT 算法进行仿真及结果分析。网络大小设定为 $100\text{m} \times 100\text{m}$ ，节点数为 27，节点采用伪随机数的方式随机均匀分布。Sink 节点首先在监测区域的边缘位置等待，待确定网格划分和簇头选举后规划路径，再遍历路径采集全网数据。Sink 节点回到第一个收集数据的簇头节点，采集完一轮数据后，再根据节点的生存情况重新选举簇头并规划下一次遍历路径。此时如果第一个网格簇头节点死亡，则首先需要移动到新选举的簇头节点。

仿真环境参数的设置如表 1 所列。

表 1 仿真环境参数的设置

参数	参数值	备注
S	$100\text{m} \times 100\text{m}$	监控区域面积大小
N	27	节点个数
MACP	IEEE802.15.4	MAC 层协议
E_{Sink}	∞	Sink 节点的能量值
E_i	1J	普通节点能量值
T_{max}	200s	每次仿真的最长时间
t_s	5s	采集簇头节点的数据时间
v_s	10m/s	Sink 节点的移动速度
R	25m	节点的通信半径

5.2 仿真结果及分析

本文将 Sink 节点按原始路径收集数据和 DPPMSRBT

算法收集数据做对比，从数据收集时延、路径长度和网络生命周期以及丢包率等方面进行考查。仿真生成的原始拓扑图如图 5 所示，0 号节点为 Sink 节点。

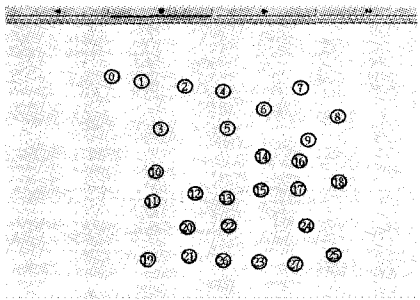


图 5 拓扑结构

5.2.1 端到端时延(end-to-end delay)

端到端时延是衡量网络时延的一种，它由每个数据包预期到达的时间与实际到达的时间差决定。Sink 节点按原始路径收集数据的网络时延曲线为“no_bt_delay”，Sink 节点根据 DPPMSRBT 算法动态规划路径的网络时延曲线为“DPPMSRBT_delay”。从图 6 可以看出，DPPMSRBT 算法动态规划路径的网络时延与原始路径的基本时延相比都较小，但是有几个点的时延较大，这是因为产生突发事件时，后者通过节点转发数据，其他节点也处在忙碌状态，无法及时转发突发事件产生的大量数据，造成时延过大。

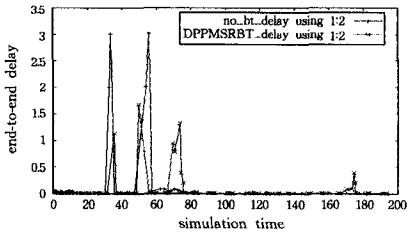


图 6 数据包的交付实验曲线图

5.2.2 路径长度与生命周期

路径长度指 Sink 节点采集完一轮数据遍历路径的总长度，生命周期指整个网络生存的时间。Sink 节点按原始路径收集数据网络的路径长度变化曲线为“Original_length”，Sink 节点根据 DPPMSRBT 算法动态规划路径的网络路径长度变化曲线为“DPPMSRBT_length”。

路径长度和生命周期曲线图如图 7 所示。

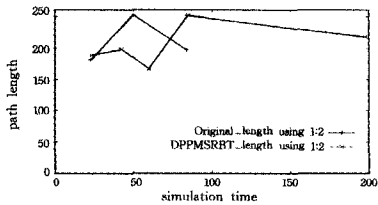


图 7 路径长度和生命周期曲线图

由图 7 可知，总体来言，DPPMSRBT 算法动态规划的路径长度比原始路径更短。这是因为在产生突发事件时，Sink 节点不会超过规定时间的簇头节点采集数据，而是通过未超过规定时间的簇头节点的同单元格节点来转发接收，这在一定程度上缩短了 Sink 节点的数据采集路径。同时可以看出，

“Original_length”中的网络生命周期要远短于“DPPMSRBT_length”的,这是因为突发事件流量较大,通过其他节点转发会消耗大量的能量,导致节点能量迅速减少而过早死亡。而 DPPMSRBT 算法中,突发事件通过突发区域的节点帮助簇头节点缓存数据,然后直接交付给 Sink 节点,大大减少了节点的能量消耗。因此,原始路径收集数据要远比 DPPMSRBT 算法动态规划的网络生命周期短。

5.2.3 丢包率

丢包率指在整个仿真实验中,簇头节点发出的数据包数量和 Sink 节点接收的数据包数量之差与簇头节点发出的数据包总量之比。Sink 节点按原始路径收集数据的网络丢包率曲线为“Original_drop”,Sink 节点根据 DPPMSRBT 算法动态规划路径的网络丢包率曲线为“DPPMSRBT_drop”。从图 8 可以看出,“Original_drop”的丢包率整体大于“DPPMSRBT_drop”的。这是因为在按原始路径收集数据的网络中,突发事件流量大,通过其他节点转发时其他节点本身就有一定的数据量,无法接收过多的数据,从而导致丢包严重;而 DPPMSRBT 算法通过同单元格节点帮助簇头节点暂存数据,然后待 Sink 节点到达后直接发送给 Sink 节点,大大减少了丢包率。

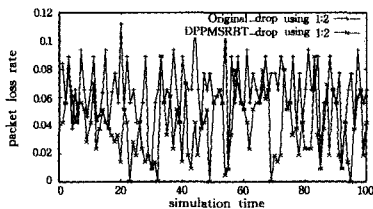


图8 丢包率曲线图

结束语 本文针对传感器节点定期收集区域环境信息且单区域可能突发数据流量的密集型无线传感网,提出一种动态 Sink 节点移动路径规划算法——DPPMSRBT。从端到端时延、路径长度与生命周期以及丢包率的实验结果分析来看,本文所提算法具有更大的优势,能够在保证周期性收集全网数据的基础上,对可能发生的突发事件做出动态的 Sink 路径规划,尽快收集到准确的突发事件流量数据,减少其他节点的周期性数据的丢包率和延时,并延长网络的生命周期。

参考文献

- [1] QIAN Z H, WANG Y J. Internet of Things-oriented Wireless Sensor Networks Review[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2013, 35(1): 215-227. (in Chinese)
钱志鸿, 王义君. 面向物联网的无线传感网综述[J]. 电子与信息学报, 2013, 35(1): 215-227.
- [2] LIANG W F, LUO J, XU X. Prolonging Network Lifetime via a Controllen Mobile Sink in Wireless Sensor Networks [C]// Proceedings of 2010 IEEE Global Communications Conference. Washington D C, USA; IEEE Press, 2010: 1-6.
- [3] TIAN K, ZHANG B, HUANG K, et al. Date gathering protocols for wireless sensor networks with mobile sinks[C]//2010 IEEE Global Communications Conference. Washington D C, USA; IEEE Press, 2010: 6-10.
- [4] LUO H, YE F, CHENG J, et al. TTDD: Two-tier data dissemination in large-scale wireless sensor networks[J]. Wireless networks, 2005, 11(1/2): 161-175.
- [5] KHAN N M, ALI I, KHALID Z, et al. Quasi centralized clustering approach for an energy-efficient and vulnerability-aware routing in wireless sensor networks[C]//Proceedings of the 1st ACM international workshop on Heterogeneous sensor and actor networks. ACM, 2008: 67-72.
- [6] LIN Z G, ZHANG W, SUN Y W, et al. A mobile routing algorithm in WSN with mobile relays[J]. Journal of Northwest University(Natural Science Edition), 2015, 45(5): 727-732. (in Chinese)
林志贵, 张炜, 孙有为, 等. 带移动中继的 WSN 移动路由算法[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2015, 45(5): 727-732.
- [7] SONG S J, LIU G F, ZHOU Z Y, et al. An Improved Ant Colony Algorithm Solving the Shortest Path and TSP Problem[J]. Computer Technology and Development, 2010, 20(4): 144-147. (in Chinese)
宋世杰, 刘高峰, 周忠友, 等. 基于改进蚁群算法求解最短路径和 TSP 问题[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(4): 144-147.
- [8] ERMAN A T, HAVINGA P. Data dissemination of emergency messages in mobile multi-sink wireless sensor networks[C]// Proc. of the 9th IFIP Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop. Juan Les Pins, France, 2010: 1-8.
- [9] DING J, LIU D P. Energy saving algorithm for data collection of wireless sensor networks in mobile Sink environments[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2013, 36(5): 51-55. (in Chinese)
丁杰, 刘丹潜. 移动 Sink 环境下的无线传感器网络数据收集节能算法[J]. 北京邮电大学学报, 2013, 36(5): 51-55.
- [10] LU X J, CHEN Z R. Research of Energy Efficient Target Coverage and Routing Assignment in Wireless Sensor Networks[J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2015, 28(26): 900-906.
- [11] GAO S, ZHANG H, DAS S K. Efficient data collection in wireless sensor networks with path-constrained mobile Sinks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2011, 10(4): 592-608.
- [12] ZHANG Y, JU D W, CHEN Z, et al. Research on Clustering Algorithm of Wireless Sensor Networks Based on Predictable Mobile Sink[J]. Computer Science, 2012, 39(6): 89-92. (in Chinese)
章韵, 巨德文, 陈志, 等. 基于可预测移动汇聚节点的无线传感网分簇算法研究[J]. 计算机科学, 2012, 39(6): 89-92.
- [13] XU Z, LIANG W, XU Y. Network lifetime maximization in delay-tolerant sensor networks with a mobile Sink [C] // 2012 IEEE 8th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS). IEEE, 2012: 9-16.
- [14] SAAD E M, AWADALLA M H, DARWISH R R. A data gathering algorithm for a mobile Sink in large-scale sensor networks[C]// The Fourth International Conference on Wireless and Mobile Communications, 2008 (ICWMC'08). IEEE, 2008: 207-213.
- [15] CHANG J, ZHANG L, ZENG B. Data Gathering Algorithm for Mobile Sink Based on the Global Delivery Latency Minimization [J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2016, 29(2): 264-270. (in Chinese)
常捷, 张灵, 曾碧. 基于全局时延最小化的移动 Sink 数据收集算法[J]. 传感技术学报, 2016, 29(2): 264-270.