

WSN 中基于区域划分的半自动 DV-Hop 定位算法

毛科技 赵小敏 何文秀 夏明 王磊 陈庆章

(浙江工业大学计算机学院 杭州 310023)

摘要 在 WSN 领域中有很多亟待研究和解决的关键问题,节点自我定位是其中之一。在众多定位算法中,DV-HOP 是广受讨论或引用的定位算法,但该算法使用跳数乘以网络平均跳距来代替节点间的实际距离,而平均每跳距离的计算精确度与网络的性状、节点密度、拓扑结构等有很大关系,直接影响到 DV-HOP 算法的定位精度。针对 DV-Hop 算法这一缺陷,从半自动获取平均每跳距离、划分定位区域和对边缘区域采用坐标贴边三个角度,提出命名为 ADBSA DV-Hop 的改进的 DV-HOP 算法。在 MATLAB 平台上对 ADBSA DV-Hop 算法与 DV-Hop 算法进行了对比仿真实验,结果表明,ADBSA DV-Hop 算法运行性能好于 DV-Hop 算法,尤其满足贴边定位情景的需要。

关键词 无线传感器网络,节点定位,ADBSA DV-Hop,半自动,区域划分

中图分类号 TP301.6 **文献标识码** A

Area Division Based Semi-auto DV-Hop Localization Algorithm in WSN

MAO Ke-ji ZHAO Xiao-min HE Wen-xiu XIA Ming WANG Lei CHEN Qin-zhang

(Department of Computer Science & Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract A lot of key problems need to be studied and solved in the field of WSN, and node self-localization is one of them. In numerous localization algorithms, DV-hop is popular with discussion or referenced localization algorithm, but it takes the results of hops multiplied by network average jumps as the actual distance between the nodes, while the accuracy of calculating the average every hop distance, the character of network, the node density, topology structure, etc are major factors which influence the positioning accuracy of DV-Hop algorithm. We put forward an improved DV-Hop algorithm, area division based semi-auto DV-Hop localization algorithm (ADBSA DV-Hop). Several ideas were employed to improve DV-Hop, including semi-auto average size of per hop acquirement, area division, and sticking to border. ADBSA DV-Hop was simulated on MATLAB platform, to compare with DV-Hop. Experiment indicates that ADBSA DV-Hop performs better than DV-Hop, and competently meets the localization requirement of sticking to border.

Keywords WSN, Node localization, ADBSA DV-Hop, Semi-auto, Area division

1 引言

随着传感器技术、嵌入式技术、无线通讯技术和分布式信息处理技术的发展,以大量的具有微处理能力的微型传感器节点组成的无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)已经成为学术界的研究热点,也成为工业界拓展应用的热点^[1]。在 WSN 领域中有很多亟待解决与研究的关键问题,节点定位就是其中之一。目前已有众多的 WSN 节点定位算法被提出,根据定位过程是否实际测量节点间距离,这些定位算法大体分为两类:基于距离(Rang-based)的定位和距离无关(Rang-free)的定位。基于距离的定位机制,是通过实际测量相邻节点间的距离或方位来计算未知节点的位置,通常有测距、定位和修正等几个步骤,常用的测距方法包括

TOA、TDOA、AOA、RSSI 等^[2];距离无关的定位机制,无需测量实际距离,而是根据网络连通性等信息实现距离估计或确定包含未知节点的可能区域,来确定未知节点的位置^[3]。距离无关定位算法在成本和功耗方面有较大优势,所以是目前研究的热点。已经提出的距离无关定位算法主要有 APIT 算法^[4]、质心算法^[5]、DV-Hop 算法^[6]等,其中影响最大、应用最广泛的当属 DV-Hop 算法。

DV-Hop 算法由美国路特葛斯大学(Rutgers University)的 Dragos Niculescu 等人提出并被广泛讨论或引用^[7]。该算法将未知节点到信标节点之间的距离用网络中节点平均每跳距离和到信标节点间的跳数乘积来表示,再使用三边测量法来获得节点的位置坐标。

DV-Hop 算法思想简单、易于实现,但是定位精度相对较

到稿日期:2011-04-27 返修日期:2011-07-16 本文受浙江省公益性技术应用研究计划项目(2011),浙江省教育厅项目(Y201120121),浙江省自然科学基金(Y1110649)资助。

毛科技(1979-),男,博士生,助理研究员,主要研究方向为无线传感网络、数据挖掘;赵小敏(1976-),男,副教授,主要研究方向为信息安全、无线传感网络;何文秀(1979-),女,博士生,主要研究方向为无线传感网络;夏明(1980-),男,博士,讲师,主要研究方向为无线传感网络;王磊(1983-),男,硕士生,主要研究方向为传感器网络;陈庆章(1955-),男,博士,教授,主要研究方向为网络与计算机通信、计算机支持的协同工作、传感器网络,E-mail:qzchen@zjut.edu.cn(通信作者)。

低,性能依赖于网络拓扑,很难在实际的 WSN 应用系统中使用。究其原因,是因为 DV-Hop 算法使用跳数乘以网络平均跳距来代替节点间的实际距离,而平均每跳距离的计算精确度与网络的性状、节点密度、拓扑结构等有很大关系,直接影响算法的定位精度。针对 DV-Hop 算法因网络平均每跳距离获取不精确而影响算法定位精度的问题,本文提出一种基于区域划分的半自动 DV-Hop 定位算法(Area Division Based Semi-auto DV-Hop, ADBSA DV-Hop),以改进 DV-HOP 上述之不足。

2 基于区域划分的半自动 DV-Hop 定位算法设计

2.1 半自动平均每跳距离获取

DV-Hop 定位算法中存在的一个重要问题就是网络平均每跳距离的正确获取,如果不能以较高的准确度获取平均每跳距离,就会给最终的定位结果带来极大的误差。这里给出一种半自动的平均每跳距离获取方法,来代替 DV-Hop 算法原有的计算方式,以提高其定位精度。

如果一个无线传感器网络性状良好、节点密度平均且各向同性,那么可以用网络的一些固有参数来估算这个网络的平均每跳距离(Average Size per Hop, ASPH)。

设一个节点密度平均的网络,其节点密度为 ρ ,节点通信半径为 r ,可知在一个节点的单跳范围内大约有 $n = \rho \pi r^2$ 个节点。一般地,当在一个节点的单跳范围内有 n 个平均分布的节点时,由于密度平均,理想情况下这 n 个节点的分布情况如图 1 所示。图中大圆为中心节点 N 的直接通信范围,称其为单跳范围圆。这 n 个节点将围绕中心节点分层排布,在第 i 层上有 $6i$ 个节点,每层节点组成正六边形;所有相邻的 2 个节点距离相同;每 3 个两两相邻的节点组成等边三角形;所有相邻的两层间距相同,为层数单跳范围圆半径除以层数,记为 h 。为了简便起见,且不失准确性,可以用 h 值来估计平均每跳距离 ASPH 值。

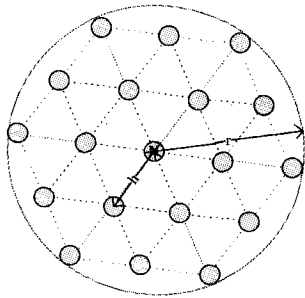


图 1 密度平均网络中一个单跳范围内节点分布情况

设一个节点的单跳范围圆内有 n 个平均分布的节点,这些节点按照上面的规律排成 m 层,则有如下不等式:

$$\frac{m(6+6m)}{2} \geq n \quad (1)$$

求得 m 的取值范围

$$m \geq \frac{-1 + \sqrt{1 + \frac{4n}{3}}}{2} \quad \text{或} \quad m \leq \frac{-1 - \sqrt{1 + \frac{4n}{3}}}{2}$$

因为 $m > 0$,舍去后者,代入 $n = \rho \pi r^2$,取 $\pi \approx 3$,并把结果适当放缩得

$$m \geq r\sqrt{\rho} - \frac{1}{2} \quad (2)$$

取

$$m \approx r\sqrt{\rho} - \frac{1}{2} \quad (3)$$

即,按照前文所描述的规律, n 个围绕中心节点,排成了约 $\sqrt{\rho} - \frac{1}{2}$ 层,则

$$h = \frac{r}{m} \approx \frac{r}{r\sqrt{\rho} - \frac{1}{2}} = \frac{2}{\sqrt{\rho} - \frac{1}{r}} \quad (4)$$

考虑到 $h > 0$,因此当 $\sqrt{\rho} - \frac{1}{r} \leq 0$ 时,直接取 $h = r$,则估计网络平均每跳距离如下:

$$ASPH = h = \begin{cases} \frac{2}{\sqrt{\rho} - \frac{1}{r}}, & \sqrt{\rho} > \frac{1}{r} \\ r, & \sqrt{\rho} \leq \frac{1}{r} \end{cases} \quad (5)$$

上式是在最理想、最理论的情况下推导出来的,在实际中不可能出现这样的情况,为了使计算更为贴近实际,引入一个修正因子 m ,其取值范围是 $(0, 5]$,以对计算结果进行适当的放大或缩小,得到修正公式:

$$ASPH = \begin{cases} \frac{2m}{\sqrt{\rho} - \frac{1}{r}}, & \sqrt{\rho} > \frac{1}{r} \\ mr, & \sqrt{\rho} \leq \frac{1}{r} \end{cases} \quad (6)$$

基于以上推导,半自动(Semi-auto, SA)平均每跳距离获取算法是:设网络中节点密度平均,在定位算法运行之前,向每一个节点中手动写入网络节点密度 ρ 、节点通信半径 r 两个参数,当算法需要使用平均每跳距离时,利用式(6)自动计算 ASPH 值参与定位。半自动的含义是,在获取平均每跳距离的过程中,并不是每个步骤都由节点自动完成,而需要人工参与,事先在节点中手动写入必要的参数。

2.2 区域划分

文献[6]中,在阐述 DV-Hop 算法性能的时候,使用了如图 2(a)所示的“C”型网络拓扑,在这个网络中节点分布极度不平衡,分别处于南北两枝中的两个节点,由 DV-Hop 计算得到的它们之间的距离与其实际几何距离值相差很大。以图中节点 1、2 为例, DV-Hop 统计它们之间的跳数,再乘以平均每跳距离来估计二者间距,结果大致如图中的虚线所示;而两节点的实际距离则如图中直线所示距离,这两个值相差很大。

实验[6]证明,在图 2 所示的网络拓扑中,当信标节点比例为 5%、10%、20%、33% 时, DV-Hop 算法的定位误差分别约为 140%、130%、125% 和 120%,都在 100% 以上,难以接受。

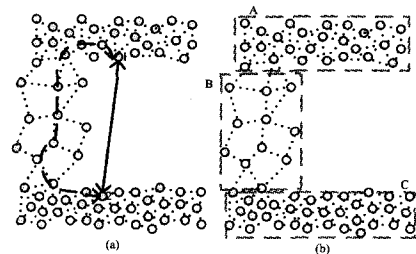


图 2 非平衡网络拓扑

然而,通过观察不难发现,图 2(a)所示的网络拓扑虽然整体上节点分布不平衡,但是在它的几个局部区域内,节点拓扑有着很好的性状。如图 2(b)所示,在 A、B、C 三个矩形区域中,节点分布密度均匀、各向同性,性状良好,非常适合使用

DV-Hop 算法。

基于上述结论,得出基于区域划分(Area Division, AD)的方法:如果一个无线传感器网络可以划分为若干区域,使得每个区域内节点分布密度均匀,各向同性,那么可以在每一个区域内分别使用 DV-Hop 算法进行节点定位。为了应用该思想,要求每个区域内都有一定比例的信标节点。

2.3 坐标贴边

在实际应用环境中,节点分布除了呈现上述的区域特性外,还有一种边缘特性,即多数节点都分布于所在区域的边缘。基于这种特性,提出坐标贴边(Stick To Border, STB)思想:在一个区域中设定一个最小距离门限值 $k(k \geq 0)$,当节点经过定位算法获得自身坐标的一个近似值以后,(1)如果该坐标到区域的上下左右 4 个边缘的距离均大于 k ,则使用该坐标作为节点的实际坐标;(2)如果该坐标的 X 值到区域的左边缘或右边缘的距离小于等于 k ,则使用距其最近的竖边缘的 X 坐标作为节点 X 坐标;(3)如果该坐标 Y 值到区域的上边缘或下边缘的距离小于等于 k ,则使用距其最近的横边缘的 Y 坐标作为节点 Y 坐标;(4)如果该坐标位于区域之外,则使用距其最近的竖边缘的 X 坐标作为节点 X 坐标,使用距其最近的横边缘的 Y 坐标作为节点 Y 坐标。

2.4 算法设计

“半自动平均每跳距离获取”思想是针对 DV-Hop 定位算法因平均每跳距离获取不精确产生较大误差的问题而对其进行的改进;“区域划分”和“坐标贴边”思想是根据无线传感网络的室内紧急逃生引导系统(Indoor Emergency-escape-guide System, IEEGS)的定位特点而对 DV-Hop 做出的适应性改进。综合以上思想,本文提出基于区域划分的半自动 DV-Hop(Area Division Based Semi-auto DV-Hop, ADBSA DV-Hop)定位算法,算法描述如下:

ADBSA DV-Hop 分为两部分执行,第一部分为算法参数配置,第二部分为算法实际运行。

算法参数配置部分。在 ADBSA DV-Hop 运行中需要使用的参数,必须事先向每一个节点中写入,这些参数包括:节点所属区域坐标、所属区域的节点密度 ρ 与节点通信半径 r 、修正因子 m 、贴边门限值 k ,对于信标节点,需要写入其实际坐标。

算法实际运行部分。正式进入 ADBSA DV-Hop 算法流程,开始定位过程。与 DV-Hop 算法相似,ADBSA DV-Hop 定位过程由 4 个互不重叠的阶段组成:

第 1 阶段 未知节点计算与信标节点的最小跳数。使用典型的距离矢量交换协议,通过节点间的信息交换,使网络中所有节点获得与信标节点之间的跳距。具体过程为:所有信标节点向邻居节点广播自身位置信息分组,分组格式如下:

ID	Hop	X	Y	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂
----	-----	---	---	----------------	----------------	----------------	----------------

其中, ID 是每个信标节点的唯一标识; Hop 是到这个信标节点的跳数,跳数字段值发出后该分组的信标节点初始化为 1; (X, Y) 是信标节点坐标; (X₁, Y₁) - (X₂, Y₂) 是信标节点所在区域。接收到分组的节点首先根据 (X₁, Y₁) - (X₂, Y₂) 判断该信标节点是否属于本节点所在区域,如果不是,则丢弃这个分组,否则记录下到这个信标节点的最小跳数,忽略来自同

一信标节点的跳数值较大的分组,然后将分组中的 Hop 字段值加 1,并转发给邻居节点,最终使得网络中的所有节点都能够记录下到自身所在区域内每一个信标节点的最小跳数。

第 2 阶段 计算未知节点与信标节点的跳数距离。未知节点收到与信标节点的跳数信息后,就可以利用下式计算到这些信标节点的几何距离:

$$d_i = ASPH \times hop_i \quad (7)$$

式中, d_i 是节点到信标节点 i 的距离, ASPH 是网络平均每跳距离(已经根据式(6)计算得出), hop_i 为节点到信标节点 i 的跳数。

第 3 阶段 计算节点坐标初值。当一个未知节点获得与 3 个或更多信标节点间的跳距之后,使用三边测量法计算自身位置,获得其位置坐标的初始值。

第 4 阶段 坐标贴边。完成第 3 阶段的未知节点,根据自身坐标初值、所处区域的坐标、贴边门限值 k , 执行坐标贴边过程。贴边完成后获得节点坐标校正值,并将其作为节点的最终位置坐标。

3 仿真实验与分析

本文在 MATLAB7.0 下对 ADBSA DV-Hop 算法进行了仿真,在不同的参数配置下对比 DV-Hop 算法,比较二者的定位误差和算法执行成功率。

3.1 仿真环境

在仿真中,使用了如下 3 种网络拓扑:

1. 普通规则网络。如图 3(a)所示,在一个 $100\text{m} \times 100\text{m}$ 的正方形区域内,以均匀密度近似平均地放置 100 个节点,节点坐标随机指定,组成无线网络。这是一个没有特殊性、较为规则的网络,由于它的节点密度较大且各处平均, DV-Hop 定位算法在其上应该有较好的性能。该网络拓扑记为拓扑 I。

2. “C”型网络。如图 3(b)所示,网络由 A、B、C 3 个区域组成,区域 A 面积为 $100\text{m} \times 40\text{m}$,区域中分布有 80 个节点;区域 B 面积为 $50\text{m} \times 70\text{m}$,有 35 个节点;区域 C 面积为 $100\text{m} \times 30\text{m}$,共 90 个节点。简单计算可知,3 个区域的节点密度比为 2:1:3,密度分别为 0.02、0.01 和 0.03。对每个区域内的节点,在保证节点密度不变的情况下,随机指定其实际坐标。整体来看,这个网络中的节点分布极不平衡,使用 DV-Hop 算法得不到较好的性能。该网络拓扑记为拓扑 II。

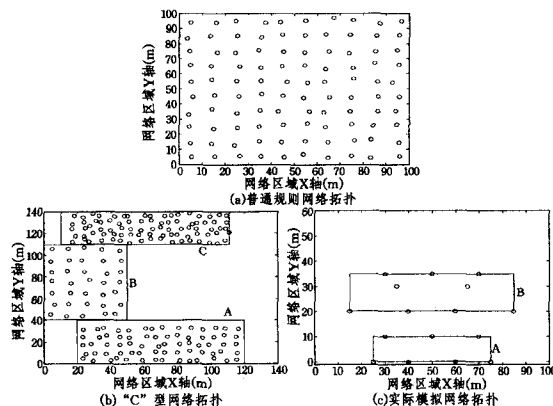


图 3 仿真网络拓扑

3. 实际模拟网络。验证 ADBSA DV-Hop 算法用于解决 WSN 应用中贴边定位情景的有效性。在仿真中使用了如

图 3(c)的网络拓扑。在一个 100m×60m 的平面建筑内,根据建筑分布放置 16 个节点,并手动精确指定它们的坐标。所有节点分成 A、B 两个区域,其中区域 A 面积为 50m×10m,有 9 个节点,区域 B 面积为 70m×15m,有 7 个节点,节点密度分别是 0.0140 和 0.0086。在 A、B 两个区域中,节点分布呈现明显的边缘特性。在该网络拓扑上进行仿真实验,主要是为了验证 ADBSA DV-Hop 算法在 IEEGS 系统中的适应性。该网络拓扑记为拓扑 III。

在每个网络的左下角建立直角坐标系。拓扑 III 中的 16 个节点坐标全部由手动精确指定,按照从上至下、从左至右的顺序依次对 16 个节点编号,其坐标见表 1。

表 1 拓扑 III 中节点坐标

节点编号	是否信标节点	坐标	节点编号	是否信标节点	坐标
1	是	(30,35)	9	否	(85,20)
2	否	(50,35)	10	否	(30,20)
3	是	(70,35)	11	是	(50,10)
4	否	(35,30)	12	否	(70,10)
5	否	(65,30)	13	是	(25,0)
6	否	(15,20)	14	否	(40,0)
7	是	(40,20)	15	否	(60,0)
8	是	(60,20)	16	是	(75,0)

3.2 仿真结果与分析

在网络拓扑 I、II、III 上使用 10%、20% 和 33% 3 种信标节点比例,分别对 ADBSA DV-Hop 和 DV-Hop 算法进行仿真对比。在每个网络拓扑上,使用相同的参数配置仿真 5 次,记录每次仿真中 ADBSA DV-Hop 和 DV-Hop 算法的定位误差和执行成功率,将结果在图上绘出。

网络拓扑 I 上,不同信标节点比例下 ADBSA DV-Hop 与 DV-Hop 的定位误差和执行成功率比较如图 4 所示。

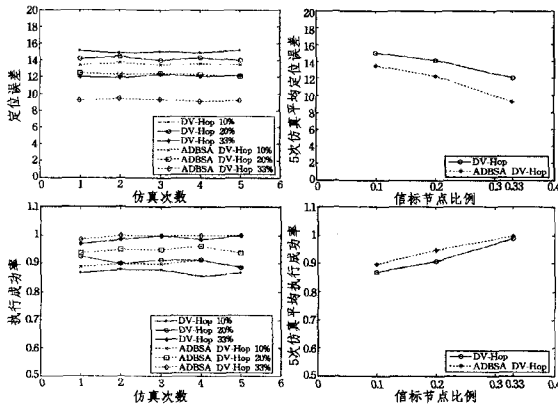


图 4 拓扑 I 中 ADBSA DV-Hop 与 DV Hop 定位误差和执行成功率比较

图 4 中显示,由于网络拓扑 I 性状良好,DV-Hop 算法的性能表现较好,最大定位误差不超过 16m(坐标系上 1 分度表示实际距离 1m)。而从整体来看,因为应用了半自动平均每跳距离获取的思想,本文的 ADBSA DV-Hop 算法的平均定位误差要小于 DV-Hop 算法,即定位精度有所提高。在网络拓扑 I 上,DV-Hop 算法具有非常高的执行成功率,在最差的情况下,也有 85% 以上的节点能够成功获取到坐标。ADBSA DV-Hop 算法很好地继承了 DV-Hop 高执行成功率的优点,并在此基础上有所改进,在网络中信标节点比例较小的情况下,使用 ADBSA DV-Hop 算法可以明显地提高执行成功率。

网络拓扑 II 上,不同信标节点比例下 ADBSA DV-Hop

与 DV-Hop 的定位误差和执行成功率比较如图 5 所示。

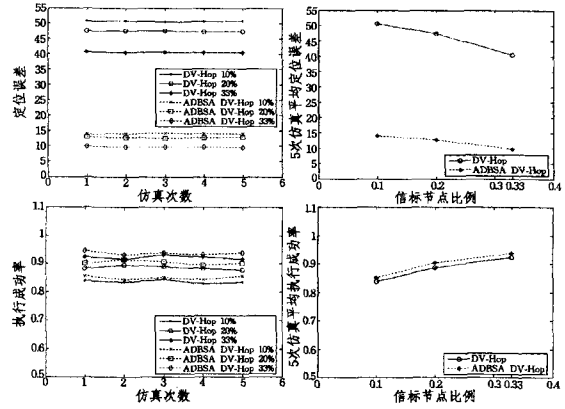


图 5 拓扑 II 中 ADBSA DV-Hop 与 DV Hop 定位误差和执行成功率比较

从图 5 可以看出,由于网络拓扑 II 整体上节点分布极不平衡,相较于前面的仿真,DV-Hop 算法的定位误差急剧增加,即使是在最好的情况下,误差也超过 40m,这种情况出现的原因在前文中已经提到,是因为把整个网络作为整体所计算出来的平均每跳距离与实际值差距太大。而本文的 ADBSA DV-Hop 算法应用了区域划分的思想,把每一个区域作为一个单独的网络,未知节点只从本区域内的信标节点获取信息,从而使得每个未知节点得到的平均每跳距离更符合实际值,因此,ADBSA DV-Hop 算法的性能表现与在拓扑 I 上相差无几,定位误差只有略微的增加,定位精度较高。但同时可以看出,虽然在网络拓扑 II 上 DV-Hop 算法的定位误差极大,但是算法的成功率并没有随之下降,在信标节点比例只有 10% 的情况下,依然有超过 80% 的节点成功执行算法,获得位置坐标。与前面的仿真实验相同,ADBSA DV-Hop 算法很好地发挥了 DV-Hop 算法执行成功率高的优点,并有所提高。

在网络拓扑 III 上进行的仿真实验,验证了 ADBSA DV-Hop 算法在贴边定位情景下的适应性及定位性能。这里使用不同的贴边门限 k 值,对算法仿真 3 次,记录网络中所有未知节点的实际坐标和经过定位算法后得到的计算坐标,得到不同 k 下每个未知节点上的定位误差,见表 2。

从表 2 中可以看出,在网络拓扑 III 上,ADBSA DV-Hop 的执行性能相当高,最大定位误差不超过 6m,这说明 ADBSA DV-Hop 在这类网络拓扑上具有很好地性能,能够较好的解决贴边定位问题。

表中数据显示,当 $k=1$ 时,由于贴边门限设置过低,节点获取初始计算坐标后,都没有执行坐标贴边过程,使得定位误差较大;当 $k=2$ 时,已经有一些节点根据自身坐标与区域边缘的关系,执行坐标贴边,但表中数据显示,此时的定位误差反而增大,这是因为错将不在区域边缘分布的节点 4、5 贴边,而确实处在区域边缘的节点,如 10、12 等却没有成功贴边;当 $k=5$ 时,此时 k 值取到最合适值,成功将分布在区域边缘的节点贴边,虽然同时也错误地把节点 4、5 贴边,但整体的定位误差下降非常明显。这说明了贴边门限 k 值选取的重要性,实际应用中,需要根据不同的网络拓扑、节点分布情况、节点密度等因素选取 k 值,必要时可在正式构建网络之前,事先使用计算机仿真等手段,确定 k 的大致取值范围。

(下转第 70 页)

概率很高,随着噪声不确定性的增大,正确检测概率逐渐变小,当噪声不确定性超过 2.0dB 时,由于噪声墙的限制,能量检测已经不可能有效地检测出信道的主用户使用情况。而采用联合检测,我们还可以通过噪声不确定性扩大否决区域的范围,并对此区域进行二次判决,从而可以得到在虚警概率为 10%的容忍条件下 90%的正确检测概率,弥补了能量检测的不足。

结束语 本文提出了一种基于差值能量检测和循环平稳检测的联合检测方法对频谱进行检测。在认知用户频谱检测以及认知用户对主用户频谱进行检测的过程中,需要快速并准确地判断主用户信号是否占用频谱,而能量检测在低信噪比环境下,检测正确度大幅下降,而利用循环平稳检测对全频谱进行检测所需的计算量会变得很大,使所需的判决速度远远低于实时检测的需求,所以我们利用噪声波动性的最大范围,通过差值能量检测的方法对频谱进行一次判决,并对否决区域利用循环平稳检测进行二次检测。方法集合了能量检测的快速性和循环平稳检测的高准确性,提高了认知用户对频谱实时检测的能力。

参考文献

[1] Haykin S. Cognitive Radio: Brain Empowered Wireless Communications[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communica-

tions, 2005, 23(2): 201-220

[2] Devroye N, Mitran P, Tarokh Y. Limit S on communications in a cognitive radio channel[J]. IEEE Communications Magazine, June 2006; 44-49

[3] Abhayapala T D, Bhatta H. Coherent broadband source localization by modal space processing[C]// International Conference on Telecommunication 2003. French Polynesia: Tahiti, 2003: 100-105

[4] 虞贵财, 罗涛, 黄振, 等. 感知无线电系统中改进的循环频谱检测算法[J]. 北京邮电大学学报, 2009, 32(2): 89-92

[5] Pascal C, Wang Yi-de. A root-MUSIC-like direction finding method for cyclostationary signals[J]. IEEE ICASSP, 2004(2): 225-228

[6] Wang Q, Zheng H. Route and spectrum selection in dynamic spectrum networks[C]// IEEE Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2006. Volume 1, January 2006: 625-629

[7] Akyildiz I F, Lee W-Y, Vuran M C, et al. A survey on spectrum management in cognitive radio networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2008, 46(4): 40-48

[8] Hoven N K. On the feasibility of cognitive radio[D]. University of California, Berkeley, Spring, 2005

[9] 丁汉清, 杨家玮, 赵志远. 认知无线网络中频谱感知性能分析[J]. 计算机科学, 2010, 37(3): 125-127

(上接第 42 页)

表 2 拓扑 III 中不同 k 值下 ADBSA DV-Hop 定位误差

节点编号	实际坐标	计算坐标 $k=$			定位误差 $k=$		
		1	2	5	1	2	5
2	(50, 35)	(50, 40)	(50, 40)	(50, 35)	5	5	0
4	(35, 30)	(33, 34)	(33, 35)	(33, 35)	4.5	5.4	5.4
5	(65, 30)	(68, 34)	(68, 35)	(68, 35)	5	5.8	5.8
6	(15, 20)	(17, 24)	(17, 24)	(17, 20)	4.5	4.5	2
9	(85, 20)	(82, 24)	(82, 24)	(82, 20)	5	5	3
10	(30, 10)	(33, 8)	(33, 10)	(33, 10)	3.6	3	3
12	(70, 10)	(67, 8)	(67, 10)	(67, 10)	3.6	3	3
14	(40, 0)	(42, -3)	(42, -3)	(42, 0)	3.6	3.6	2
15	(60, 0)	(58, -3)	(58, -3)	(58, 0)	3.6	3.6	2
定位误差平均值					4.3	4.4	2.9

结束语 DV-Hop 算法使用跳数乘以网络平均跳距来代替节点间的实际距离,而平均每跳距离的计算精确度与网络的性状、节点密度、拓扑结构等有很大关系,直接影响算法的定位精度。针对 DV-Hop 算法这一缺陷,本文提出一种基于区域划分的半自动 DV-Hop 定位算法 (Area Division Based Semi-auto DV-Hop, ADBSA DV-Hop)。该算法以半自动方式获取平均每跳距离,在定位算法运行之前,向每一个节点中手动写入网络节点密度 ρ 、节点通信半径 r 两个参数,当算法需要使用平均每跳距离时,利用式(6)自动计算 ASPH 值参与定位;该算法还给出区域划分和贴边定位的方法。通过在 MATLAB 平台上对 ADBSA DV-Hop 算法与 DV-Hop 算法进行的对比仿真实验,证明 ADBSA DV-Hop 算法运行性能好于 DV-Hop 算法,尤其满足贴边定位需求的情景。

参考文献

[1] Yu Hai-bin, Zeng Peng, Wang Zhong-feng. Study of communication protocol of distributed sensor network[J]. Journal of China

Institute of Communications, 2004, 25(10): 102-110

[2] Shi Long, Wang Fu-bao, Duan Wei-jun. Range-Free Self-Localization Mechanism and Algorithm for Wireless Sensor Networks[J]. Computer Engineering and Applications, 2004, 23: 127-130

[3] Wang Hai-dong, Sun Li-min. A Study of Localization in Wireless Sensor Networks[J]. Computer Science, 2006, 33(4): 36-49

[4] He T, Huang C D, Blum B M. Range-free localization schemes in large scale sensor networks[C]// Proceedings of the Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. New York, USA: Association for Computing Machinery, 2003: 81-95

[5] Bulusu N, Heidemann J, Esirin D. GPS-Less Low Cost Outdoor Localization for Very Small Devices[J]. IEEE personal Communications, 2000, 7(5): 28-34

[6] Niculescu D, Nath B. DV-based positioning in ad hoc network[J]. Telecommunication Systems, 2003, 22(1): 267-280

[7] Liu Ke-zhong, Wang Shu, Hu Fu-ping. An Improved DV-Hop Localization Algorithm for Wireless Sensor Networks[J]. Information and Control, 2006, 35(6): 787-792

[8] CIM Reference Model Committee, Purdue University. A Reference model of computer integrated manufacturing from the viewpoint of industrial automation [J]. Int J Computer Integrated Manufacturing, 1989, 2(2): 114-127

[9] Texas Instrument. CC2431-System-on-Chip for 2.4 GHz ZigBee™ IEEE 802.15.4 with Location Engine (Rev. B) [DB/OL]. <http://www.ti.com/>, 2007

[10] Texas Instrument. CC2430-A True System-on-Chip solution for 2.4 GHz IEEE 802.15.4 ZigBee™ (Rev. F) [DB/OL]. <http://www.ti.com/>, 2007

[11] Texas Instrument. IAR Embedded Workbench IDE User Guide [DB/OL]. <http://www.ti.com/>, 2007