

Improved DV-hop Positioning Algorithm in Wireless Sensor Networks Based on CC2520

Fuguo Liu¹, Qingxian Wang²

1. School of Software, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China

2. School of Software, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China

1. e-mail lfg831207@yahoo.com.cn, 2. e-mail qxwang@uestc.edu.cn

Abstract: In wireless sensor networks, there is appreciable error when computing the hop number between unknown and anchor node in the traditional DV-hop algorithm. This paper puts forward a new positioning algorithm based on the traditional DV-hop algorithm, which will get the minimum hop number in the first stage according the features of the RF chip CC2520. Simulation results show that the positioning precision can be greatly improved by this new algorithm.

Keywords: WSN; positioning algorithm; DV-hop; RDH; CC2520

基于 CC2520 的无线传感器网络中改进的 DV-hop 定位算法

刘富国¹, 王庆先²

1. 电子科技大学软件学院, 成都, 中国, 610054

2. 电子科技大学软件学院, 成都, 中国, 610054

1. E-mail lfg831207@yahoo.com.cn, 2. E-mail qxwang@uestc.edu.cn

【摘要】无线传感器网络中, 传统的 DV-hop 距离无关定位算法在计算未知节点到锚点跳数时存在显著的误差。以传统的 DV-hop 定位算法为依据, 提出了一种新的距离无关定位算法 RDH (RSSI-DV-hop), 在第一阶段计算未知结点到锚点的跳数时利用射频芯片 CC2520 本身特性来得到新的跳数。仿真实验表明, 该算法可以明显提高未知节点的定位精度。

【关键词】无线传感器网络; 定位算法; DV-hop; RDH; CC2520

1 引言

无线传感器网络是由部署在监测区域内大量的微型传感器节点组成, 通过无线通信方式形成的一个多跳自组织网络系统, 从而协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息, 并发送给观察者。无线传感器网络自身特性决定了其在环境监测、军事、高危险领域中有着广泛的应用前景。

无线传感器网络中, 节点的位置信息对传感器网络的监测活动至关重要, 事件发生的位置是传感器节点监测消息中所包含的重要信息, 没有位置的监测消息变得毫无意义。由于成本原因, 无线传感器网络中不可能每个节点都具备 GPS 精确定位能力。在无线传感器网络实际应用中一般只有少数节点拥有 GPS 精确定位能力, 而其余节点则通过特定

定位算法估计自身位置。本文中, 将无线传感器网络中需要定位的节点称为未知节点(unknown node); 而已知位置, 并协助未知节点定位的称为锚点(anchor node)。邻居节点是指在一个节点通信半径内, 可以直接通信的节点^[1]。

本文在基于 CC2520 射频芯片的无线传感器网络中对传统的 DV-hop 算法作出一些改进, 提出了 RDH(RSSI-DV-hop)定位算法, 并且通过 Matlab 仿真平台的实验表明, 该算法可以明显的提高无线传感器网络中未知节点的自身定位精度。

2 传统的 DV-hop 定位算法

距离向量一跳段(distance vector-hop, DV-Hop)距离无关定位算法是由美国路特葛斯大学的 Drago Niculescu 等人提出的^{[3][4]}, 该算法是一种依

赖于距离矢量路由协议的无线传感网络定位算法, 用平均每跳距离与未知节点到锚节点跳数的乘积来表示未知节点到锚节点的距离。

该算法实现无线传感器网络中节点的定位过程可以分为 3 个阶段:

1) 计算未知节点与每个信标节点的最小跳数锚节点向邻居节点广播自身位置信息的分组, 其中包括跳数字段, 初始化为 0。接收节点记录具有到每个锚节点的最小跳数, 忽略来自同一个锚节点的较大跳数的分组。然后将跳数值加 1, 并转发给邻居节点。通过这种方法, 网络中的所有节点能够记录下到每个锚节点的最小跳数。

2) 计算未知节点与锚节点的实际跳段距离每个锚节点根据第一阶段中记录的其他锚节点的位置信息和相距跳数, 并利用下式估算平均每跳的实际距离

$$d_i = \frac{\sum_{j \neq i} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}{\sum_{j \neq i} h_j} \quad (1)$$

(1) 式中 (x_i, y_i) , (x_j, y_j) 为锚点 i, j 的坐标, h_j 为锚点 i 与 $j(i \neq j)$ 之间的跳段数。

然后, 锚节点将计算的平均每跳距用带有生存期字段的分组广播至网络中, 未知节点仅记录接收到的第一个平均每跳距离, 并转发给邻居节点。这个策略确保了绝大多数节点从最近的锚节点接收平均每跳距离值。未知节点接收到平均每跳距离后, 根据记录的跳数, 计算到每个锚节点的跳段距离。

3) 利用三边测量法计算自身位置未知节点利用第二阶段中记录的到各个锚节点的跳段距离, 利用三边测量法计算自身位置。

已知 A, B, C 3 个节点的坐标分别为 (x_a, y_a) , (x_b, y_b) , (x_c, y_c) , 以及它们到未知节点 D 的距离分别为 d_a, d_b, d_c , 假设节点 D 的坐标为 (x, y) , 那么, 有下列公式

$$\sqrt{(x - x_a)^2 + (y - y_a)^2} = d_a \quad (2)$$

$$\sqrt{(x - x_b)^2 + (y - y_b)^2} = d_b \quad (3)$$

$$\sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2} = d_c \quad (4)$$

由式(2)、(3)、(4)可得未知节点 D 的坐标为:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2(x_a - x_c) & 2(y_a - y_c) \\ 2(x_b - x_c) & 2(y_b - y_c) \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} x_a^2 - x_c^2 + y_a^2 - y_c^2 + d_c^2 - d_a^2 \\ x_b^2 - x_c^2 + y_b^2 - y_c^2 + d_c^2 - d_b^2 \end{pmatrix}$$

3 改进的 DV-hop 算法

图 1 中假设 P 为锚点, A 和 B 为未知节点, R 为锚点 P 的信号半径。

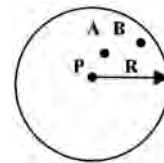


图 1. DV-hop 跳数误差示意图

根据传统的 DV-hop 算法, 从 P 点出发, 在锚点 P 的信号半径内, 跳数增量均为 1, 因此锚点 P 到 A 点和 B 点的跳数都为 1。通过 DV-hop 算法第一和第二阶段的计算, A 点和 B 点到锚点 P 的距离都为平均每跳的距离, 很明显未知节点 A 和 B 的自身定位的误差会很大。因此针对上述情况在基于 CC2520 射频芯片的无线传感器网络中以传统 DV-hop 算法为依据提出了 RDH(RSSI-DV-hop)定位算法。

RDH 距离无关定位算法主要是利用 CC2520 芯片本身的特性改变传统 DV-hop 算法第一阶段计算跳数时所使用的方法。假设一个锚点到其信号半径处节点为标准的一跳, 即事先得出进行标准一跳的两个节点芯片的 RSSI 的信号衰减的比例。然后根据其它邻近两个节点(锚节点和未知节点之间或两个未知节点)的 RSSI 值衰减的比例关系得出相邻两个节点之间的跳数。其中各节点接收到的 RSSI 值可通过读取 CC2520 芯片对应的寄存器得到^[5]。举例说明如下, 如图 2 所示:

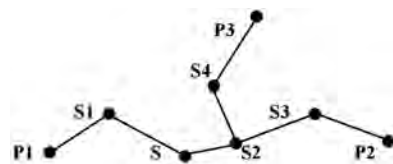


图 2. RDH 定位算法示意图

假设 P1、P2、P3 为锚点, S、S1、S2、S3、S4 为未知节点, 其中 S 为需要定位的未知节点。

若首先计算得到锚点 P1 到其信号半径处某个结点处 RSSI 值的衰减了 60%。然后用同样的方法得到 P1 到 S1 的 RSSI 值衰减比例为 40%，S1 到 S 的 RSSI 值衰减比例为 45%，由此得到 P1 到 S1 的跳数为 $0.4/0.6 \approx 0.67$ ，S1 到 S 的跳数为 $0.5/0.6 \approx 0.83$ ，则未知节点 S 到锚点 P1 的跳数为 $0.67+0.83=1.5$ 。使用同样的方法可以得未知节点 S 到锚点 P2 和 P3 的跳数。然后再利用传统 DV-hop 的第二和第三阶段计算得出未知节点 S 的坐标。

4 仿真实验

本文运用 Matlab 作为仿真工具，假设仿真对象均是二维分布在一个平面上的，因为 DV-hop 算法在二维方向的传感器网络上运用时相对误差较小。在 100×100 的地域中，我们随机放置 N 个未知节点，仿真时通过两种方式来验证算法的定位精度，一种是锚节点数量是固定的，设置不同数量的未知节点。

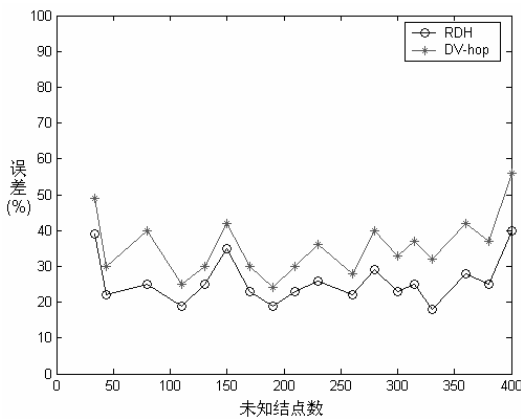


图 3 未知结点变化时定位误差示意图

另一种方式是锚节点数量是不固定的，设定不同数量的锚节点。

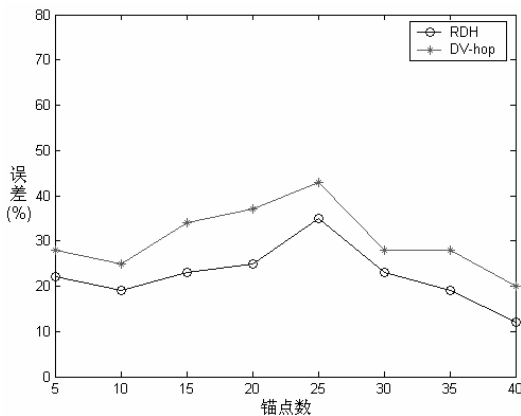


图 4 锚点变化时定位误差示意图

锚节点一般是携带有 GPS 等设备，可以进行自身定位，所以锚节点的坐标位置是已知的，而未知节点是需要通过我们的算法来计算得到的。最后通过比较未知节点的实际坐标和计算坐标之间的差距来确定定位算法的误差，平均误差为：

$$E_r = \frac{\sum (d_i / R)}{N}$$

E_r 为平均误差， d_i 为第 i 个未知节点计算坐标与实际坐标之间的距离， R 为信号半径， N 为未知节点的个数。

由图 3 和图 4 可以明显看出 RDH 比传统的 DV-hop 定位算法在定位精度上提高了 10% 左右。

5 结论

仿真实验结果表明 RDH 定位算法在基于 CC2520 的无线传感器网络中比传统的 DV-hop 算法对未知节点的定位精度上有了明显的提高。同时也表明在特定的网络环境中其它的定位算法也有很大的改进空间，同时 RDH 定位算法在降低能量消耗方面是下一步研究的重点。

References (参考文献)

- [1] Wang Fubao, Shi Long, Ren fengyuan. Self-Localization Systems and Algorithms for Wireless Sensor Networks[J]. Journal of Software, 2005,16(5):857—868.
- [2] Ren fengyuan, Huang Haining, Lin Chuang. Wireless Sensor Networks [J]. Journal of Software, 2003,14(7):1282-1291.
- [3] NICULESCU D, NATH B. DV based positioning in ad-hoc networks[J]. Journal of Telecommunication Systems, 2003, 22(1/4):267-280.
- [4] NICULESCU D, NATH B. Ad-Hoc positioning systems (APS). In: Proc. of the 2001 IEEE Global Telecommunications Conf. Vol. 5, San Antonio: IEEE Communications Society, 2001. 2926-2931. <http://pau1.rutgers.edu/~dnicules/research/aps/aoa-infocom.pdf>.
- [5] CC2520 DATASHEET 2.4GHZ IEEE 802.15.4/ZIGBEE® RF TR-ANSCEIVER SWRS068-DECEMBER 2007. <http://www.ti.com>.