

无线传感器网络 DV-Distance 定位算法^①

付 华 孙 蕾 (辽宁工程技术大学 电气学院 辽宁 葫芦岛 125105)

摘要: 针对 DV-Distance 定位算法得到的距离值误差较大的问题, 提出一种定位精度相对较高的改进型 DV-Distance 算法。DV-Distance 定位算法通过求未知节点到参考节点之间跳段距离之和来确定未知节点坐标, 改进算法在原算法的基础上, 将参考节点间的真实距离与这些参考节点间的跳段距离之和的比值作为修正权值, 用这个修正权值来提高定位所需距离值的精确度, 并利用 RSSI 测距技术限定可较为精确测距的有效未知节点, 从而更进一步提高定位的精度。通过计算机的仿真和实验验证, 结果表明此改进算法相对于原算法, 较为明显的降低了定位误差, 提高了定位的精度。

关键词: 无线传感器网络; 定位; DV-Distance; RSSI; 权值

DV-Distance Localization Algorithm of Wireless Sensor Networks

FU Hua, SUN Lei

(Faculty of Electrical and Engineering Control, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

Abstract: With regard to the problem of DV-Distance in localizing, this paper puts forward an improved localization algorithm with more precision. DV-Distance deduces the coordinate of unknown nodes by estimating the sum of the hop distance between unknown nodes and reference nodes. Based on DV-Distance, this improved localization algorithm makes ratio of the real distance between reference nodes to the distance of sum of hops between those reference nodes as a weight, with which the precision of estimated distance for localizing is improved. And with the technique of RSSI to limit nodes to be a valid node, the precision of localizing can be improved with this improved localization algorithm. Simulation demonstrates that the improved algorithm obviously reduces the error and is more precise than traditional DV-Distance localization algorithms.

Keywords: wireless sensor networks; localization; DV-Distance; RSSI; weights

0 引言

随着微机电系统、片上系统、无线通信和低功耗嵌入式技术的飞速发展, 孕育出无线传感器网络^[1] WSN(Wireless Sensor Network)。由于无线传感器网络的突出特点, 目前已开始广泛地应用于工业以及军事领域。而节点定位在无线传感器网络中具有十分重要的作用。

无线传感器网络中的定位算法根据具体的定位机制, 可将现有的无线传感器网络自身定位方法分为 2 类^[2]: 基于测距技术的定位(range-based)和无须测

距技术的定位(range-free)。前者常用的测距技术有 RSSI^[3], TOA, TDOA 和 AOA。RSSI 是一种低功率、廉价的测距技术, 它的主要优势在于较低的通信负载和不需要额外的硬件设备, 它的误差主要来源于环境的影响。

而 range-free 应用较为广泛的是 DV-Hop 算法^[4]。DV-Distance 定位算法是在 DV-Hop 算法的基础上得到的。本文在 DV-Distance 定位算法的基础上, 通过引入修正权值去修正估计出的未知节点与参考节点之间的有效距离和通过 RSSI 测距技术来限定能较为精

① 基金项目:国家自然科学基金(50874059);辽宁省科技攻关项目(2006220019);辽宁省重大科技项目(2007231003)

收稿时间:2009-06-12

确测量有效距离的未知节点, 通过以上 2 方面的改进提高了 DV-Distance 定位算法的精度。

1 DV-Distance 定位算法^[5]

美国路特葛斯大学 (Rutgers University) 的 Dragos Niculescu 等人利用距离矢量路由和 GPS 定位的原理提出了一系列分布式定位算法, 合称为自组织定位系统。它包括 6 种定位算法: DV-Hop、DV-Distance、DV-Euclidean、DV-Coordinate、DV-Bearing 和 DV-Radial。而 DV-Distance 定位过程可分为以下三个阶段:

1) 计算未知节点与每个参考节点的跳段累计距离

通过典型的距离矢量交换协议, 参考节点只向邻居节点广播自身位置信息分组, 其中包括跳段和累计跳段距离, 两者均初始化为 0。各接收节点比较同一参考节点的跳数值, 保留跳数最小的分组, 然后将跳数加 1 并累加来自各参考节点的跳段距离, 转发给其他邻居节点。通过这一机制就避免了广播信息的无限循环并得到了未知节点与参考节点的最小跳数和累计的跳段距离。

2) 利用三边测量法计算出未知节点的位置

将第 1 阶段得到的各参考节点到未知节点的累计跳段距离作为有效距离, 利用有效距离通过三边测量法计算出自身的坐标位置。

$$\begin{cases} (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 = d_1^2 \\ (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 = d_2^2 \\ (x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 = d_3^2 \\ \dots \\ (x_n - x)^2 + (y_n - y)^2 = d_n^2 \end{cases}$$

DV-Distance 定位算法采用 RSSI 技术测得各个节点间的距离, 计算出未知节点和参考节点之间的累积跳段距离, 直接将此累积跳段距离作为有效距离。当未知节点获得与三个或者更多参考节点之间的有效距离后, 再利用三边测量法得出未知节点的坐标。这其中, 第一 RSSI 测距技术受环境和距离的远近的影响较为明显。各个节点相距实际距离不同, 测得的有效距离的精确度有较大的差异。第二, DV-Distance 算法所估计出的有效距离为未知节点和参考节点之间的折线距离, 当未知节点与参考节点之间的某个跳段距

离过大, 或者存在多个跳段的情况下, 该算法估计出的距离值就会存在非常大的误差。DV-Distance 定位算法的网络平均连通度为 9, 参考节点比例为 10%, 测距误差小于 10% 的网络配置下, 定位精度为 30% 左右。针对上述产生误差的主要原因, 本文从 2 个方面对 DV-Distance 定位算法进行了改进。

2 改进的 DV-Distance 定位算法

2.1 RSSI 测距原理

RSSI 技术是利用接收信号强度的值以及传统的路径损耗传播模型计算出节点间的距离的。其中传统的路径损耗传播模型如下所示:

$$P_r = P_0 - 10 \cdot n \cdot \lg r \quad (1)$$

式(1)中, $P(r)$ 是距离为 r 时接收到的无线信号强度, n 为路径损耗传播因子, 它指出了信号能量随着到节点距离的增加而衰减的速率。 P_0 为参考距离为 r_0 时的信号强度。在式(1)中我们可以把 P_0 看作是信号传输 1m 远时接收信号的平均强度, 设为 A

$$P_r = A - 10 \cdot n \cdot \lg r \quad (2)$$

由(2)式可知, A 与 n 是已知的, 通过测得接受信号强度就可以得到信号传输的距离, 达到测距的目的。

在这里我们设 A 和 n 分别为典型值 -40.0 和 3.0, 并且规定所有的无线网络节点都必须是同一规格, 发射功率相同。图 2 为 RSSI 与传播距离之间的关系图, 由图 2 可知, 在距离小于 12m 的范围内 RSSI 的值衰减的非常厉害, 当距离大于 12m 后 RSSI 的值衰减的相对缓慢了很多。换句话说, 12m 以内测距得到的测距距离相对较为精确, 误差较小。

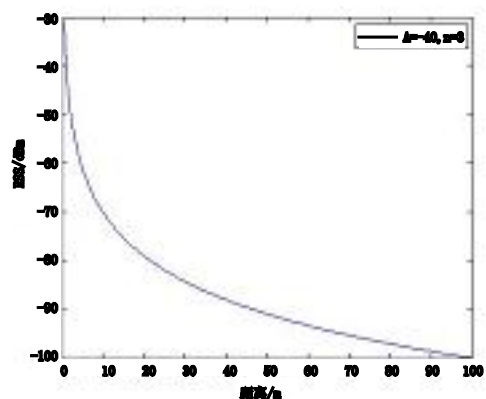


图 2 RSSI 与传播距离关系曲线图

根据以上分析,当节点接收到邻居节点发来的自身位置信息分组时,首先判断邻居节点与该节点的距离是否大于 12m,如果大于 12m 该节点将丢弃邻居节点发来的分组信息;反之该节点将保留邻居节点的分组信息,然后进行下一步。这样就保持的 RSSI 测距的精确度,使得到的测距距离较为准确。

2.2 加权 DV-Distance 算法

针对原始 DV-Distance 定位算法累计跳段距离的问题,本文提出用参考节点之间的距离和参考节点之间的累积距离的比值作为修正权值,然后用此权值乘以未知节点到参考节点的累计跳段距离去修正该累计距离与真实距离的误差。我们假设 D_{ij} 为参考节点 i 到参考节点 j 之间的累积距离, d_{ij} 为两个参考节点之间的真实距离。 λ_{ij} 为修正权值。则:

$$\lambda_{ij} = \frac{d_{ij}}{D_{ij}} \quad (3)$$

再假设未知节点 k 到参考节点 i 之间的累积跳段距离为 D_{ki} , 则未知节点到参考节点的修正累计距离为:

$$d_{ki} = \lambda_{ij} \cdot D_{ki} \quad (4)$$

然后,将此修正的累计跳段距离作为有效距离,再进行三边测量法。与传统的 DV-Distance 定位算法相比,改进后的定位算法引入加权修正值,使计算后的未知节点到参考节点之间的累积距离更接近真实距离,从而提高了定位精度。

2.3 改进 DV-Distance 定位算法的实现步骤

改进后的 DV-Distance 定位算法由三个阶段组成,首先同样使用距离矢量交换协议,参考节点向邻居节点广播自身位置信息分组,跳段和累计距离初始化为 0。接收节点首先分析节点间的距离是否小于 12m,如果小于 12m,再比较同一参考节点的跳数值,保留最小者。然后将跳数加 1 并累加跳段距离,转发给其他邻居节点。其他邻居节点接收到上一邻居节点发送来的分组信息后,同样先比较节点间距离,然后再比较跳数值。第二阶段,当另一参考节点收到该参考节点的分组信息时,计算 2 个参考节点的真实距离,然后计算修正权值。将权值广播出去。未知节点收到修正权值后,利用上述公式计算累计跳段距离,得到有效距离。第三阶段,当未知节点得到三个或三个以

上有效距离后,运用三边测量法计算出自身的坐标位置。

3 仿真实验

通过 Matlab 软件,分别对传统的 DV-Distance 定位算法和改进后的 DV-Distance 定位算法进行了仿真实验,并对结果进行了分析。仿真过程中,在 100m100m 的区域里随机分布了 100 个网络节点,参考节点比例从 5%-30%,通信距离为 30m。

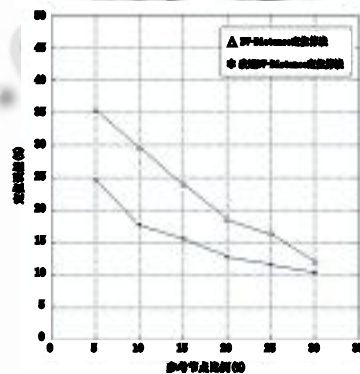


图 3 改进算法与原始算法比较

如图 3 所示,随着参考节点比例的变化,改进后的 DV-Distance 定位算法比原始算法定位误差要小。尤其在参考节点较为稀疏的区域,定位误差减少了 9%,较为明显的说明了改进后的 DV-Distance 定位算法有更高的优越性和适应性。此外,在参考节点比例 10-30 的变化过程中,可以看出改进后的算法相对于原始算法有较好的稳定性。

4 结语

本文作者创新点是针对无线传感器中原始的 DV-Distance 定位算法的不足,分别对 RSSI 测距技术和算法本身做了改进,提出一种改进的 DV-明扼要 Distance 定位算法。改进后的算法在原始算法的基础上改进利用 RSSI 技术测距的方法,并且引入权值去修正跳段累积距离,改善了原始算法的定位精度。然后,利用 Matlab 仿真了改进 DV-Distance 定位算法和原始的 DV-Distance 定位算法。仿真结果证明,改进后的算法在一定程度上提高了稳定性和减少了定位误差。

(下转第 132 页)

参考文献

- 1 Acidic IF, Su WL, Sankarasubramaniam Y, Cayirci E. A Survey on Sensor Networks. IEEE Communications Magazine, 40(8):102 – 114.
- 2 Rabaey JM, Ammer MJ, da Silva Jr JL, Patel D, Roundy S. PicoRadio Supports ad Hoc Ultra-Low Power Wireless Networking. Computer, July 2002.42 – 48.
- 3 Bahl P, Padmanabhan VN. RADAR: an Inbuilding RF-Based User Location and Tracking System. Proc. of the IEEE INFOCOM, 2000.2. Tel Aviv: IEEE Computer and Communications Societies, 2000.775 – 784.
- 4 Niculescu D, Nath B. Ad-hoc positioning systems (APS). IEEE GLOBECOM'01, 2001, San Antonio, Texas, 2001,5:2926 – 2931.
- 5 Niculescu D, Nath B. DV based positioning in Ad hoc networks. Journal of Telecommunication Systems, 2003,22(1-4):267 – 280.