

基于核的 RSSI 定位

贾福利, 黎峰, 张瑞华

JIA Fu-li, LI Feng, ZHANG Rui-hua

山东大学 计算机科学与技术学院, 济南 250101

School of Computer Science and Technology, Shandong University, Jinan 250101, China

E-mail: jiafl2007@yahoo.com.cn

JIA Fu-li, LI Feng, ZHANG Rui-hua. RSSI localization based on core in WSN. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(30): 118-120.

Abstract: Localization is very important for the application of Wireless Sensor Network (WSN), but now the accuracy and stability of localization is not good enough. Received Signal Strength Indicator (RSSI) can be used to measure the distance between nodes in WSN. In this paper, core is introduced into WSN, a core is a body with three sensor nodes or more who have the fixed location relationship with each other. Core can localize other core or single sensor node, and also can be localized by WSN. Through simulation, it is found using core can improve accuracy of localization effectively.

Key words: localization; Wireless Sensor Network (WSN); core; Received Signal Strength Indicator (RSSI)

摘要:定位在无线传感网络的应用中有非常重要的作用,但是目前定位技术的准确度不够理想,RSSI是一种能实际使用确定传感网络中节点间距离的技术。在无线传感网络中引进了核,核是一个拥有三个或更多有着固定位置关系传感节点的物体。核能定位其他核或节点,同时核也能被传感网络定位。通过模拟发现使用核能有效提高定位的准确度。

关键词:定位;无线传感网络;核;接受信号强度指示

DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.2008.30.036 **文章编号:**1002-8331(2008)30-0118-03 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP393

1 引言

无线传感器网络集成了传感器、嵌入式计算、现代网络及无线通信、分布式信息处理等技术;随着这些技术的发展及相关协议的制定,无线传感器网络技术日益完善,应用也越来越广泛^[1]。拥有定位能力节点的无线传感器网络应用前景更广阔,如在野生动物的跟踪调查,人员的跟踪定位,特别是在交通导航。安装相应的节点的车辆、船只,通过确定彼此的位置,并交换相互的信息,如航向、速度,就能在恶劣天气下避免事故的发生。

这些应用都要求有相当高的绝对或相对定位准确度(Accuracy),只有在达到一定准确度的情况下,产生的定位信息才有实用价值。

2 目前的定位技术和算法^[2]

目前提出的定位测量方法和定位算法很多,大都是根据不同的信号特征,如传播信号衰减、传播时间,信号间的干扰,网络拓扑的约束关系等提出的。这些定位技术和实现方法有不同的分类标准,如物理定位与符号定位,绝对定位与相对定位,基于测距技术的定位和无需测距技术的定位,三角测量、场景分析和接近度定位。

典型的自身定位系统和算法有 Cricket 定位系统、SPA 相对定位算法、凸规划定位算法、APS、Cooperative ranging 和 Two-

Phase positioning、AHLos 和 n-hop multilateration primitive 定位算法、Generic Localized Algorithms、MDS-MAP 定位算法。

基于测距技术的定位首先要对节点的距离或角度进行测量,然后用相应的算法求解,测量方法有 RSSI^[3]、TOA、AOA、TDOA。定位有相对定位和绝对定位之分,相对定位是确定网络中节点的相对位置,定位精度低,但费用小。绝对定位主要是 GPS 定位,精度高,费用也高,缺点:不适应室内环境,定位速度较慢。

测量方法 RSSI、TOA、AOA、TDOA 各有利弊。RSSI 功耗低、成本低、实用性强,但有可能产生±50%的测距误差^[4];TOA、TDOA 需要节点间精确的时间同步,硬件要有高精度的电波到达检测电路;AOA 需要高精度的天线阵列,因此成本较高。

近几年随着制造技术和工艺的改进,RSSI 技术在抗干扰和稳定性方面大大提高^[5],是目前能够大规模应用的技术,特别是 Chipcon 推出的含有定位引擎模块的 CC2431 芯片更是推动 RSSI 在无线定位领域的应用。CC2431 能达到 3 m 的准确度和 0.25 m 的精度。节点距离测量在数据传送过程中自动完成,并加入到数据包中,非常易于定位的实现。

本文首先介绍基于 RSSI 定位的基本原理及缺陷,提出了在这种无线传感器的网络中,通过引进固定或移动核(Core)方法的消减底层测量的误差,在不增加网络无线负载的情况下提

作者简介:贾福利(1976-),男,硕士研究生,主要研究领域:无线传感网络、嵌入式、SOC;黎峰(1965-),男,副教授,主要研究领域:网络、分布式;张瑞华(1969-),女,博士研究生,副教授,主要研究领域:无线传感网络、嵌入式、SOC 等。

收稿日期:2007-11-27 **修回日期:**2008-02-18

高定位准确性。核能进行自定位和相对定位, 利用此功能可以进行网络拓扑图的构建; 并在实际硬件环境模拟分析了核自身定位和相对定位的准确度。

核(Core)是由相对位置固定连接在一起的三个传感节点, 形状是等边三角形, 三个传感节点位于三个顶点; 之所以称其为核, 是希望它能像晶体结晶时的晶核一样, 使整体变的位置有序。

3 RSSI 定位技术的原理和缺陷

3.1 定位原理

电波在自由空间传播的距离、频率和信号衰减的关系如式(1):

$$Los = 32.44 + 20 \lg d + 20 \lg f \quad (1)$$

Los 是传播损耗, 单位为 dB; d 是距离, 单位是 km; f 是工作频率, 单位是 MHz。

在不同的环境下信号的衰减不同, 可以在相应的环境下进行测量得到经验值, 并对上面的公式进行修正得到实际应用的公式。当电波的频率和发射功率固定不变的情况下, 通信的距离和接收器接收到的功率直接相关^[6], TI 公司的 CC2431 芯片使用的公式为(2):

$$RSSI = -(10n \lg d + A) \quad (2)$$

n 为信号传播常数, 是经验值; d 为信号传播的距离, 单位是 m; A 为距离发射点 1 m 的环形距离内, 测得信号的平均强度, 单位是 dBm; $RSSI$ 为接收到信号强度的偏移值, 单位是 dBm。

在发射功率和频率不变的情况下, 对接收的信号强度处理能得到发射点和接收点的距离。如果一个接收点能同时接收到三个已知位置节点(或更多)的信号, 则能计算到三个节点的距离, 假设待定位传感节点的坐标为 (x, y) , 测得到三个参考节点 (X_1, X_2) 、 (X_2, Y_2) 、 (X_3, Y_3) 距离分别为 d_1, d_2, d_3 。则有方程组(3):

$$\begin{cases} (x - X_1)^2 + (y - Y_1)^2 = d_1^2 \\ (x - X_2)^2 + (y - Y_2)^2 = d_2^2 \\ (x - X_3)^2 + (y - Y_3)^2 = d_3^2 \end{cases} \quad (3)$$

解此方程组便可得到节点的近似坐标。如果能测到多个节点的距离, 则组合得到多个上面的方程组, 假设得到的解分别为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, 可以取坐标的平均值作为待定位传感节点 (x, y) 估计值, 计算公式如下:

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (4)$$

3.2 缺陷

由于受到实际环境的影响, 在距离不变的情况下收集到的信号衰减是变化的, 因此计算出的距离有误差的, 可采用多次测量求和的办法消减。但这些方法并不能消减由测量、环境造成的误差, 也不适合移动的节点。

本文提出在网络中引入核(Core)的办法能在一定程度上消减底层带来的误差, 并且可以实现基本的相对定位, 由于一次消息的传递, 就可以实现定位, 因此非常适合移动节点定位。由于核是通过有线连接, 因此并不增加整个网络的无线负载。核是全功的设备, 也不需要考虑功耗的问题。

4 基于核(Core)的定位算法

4.1 网络组成

核可以有多个节点组成, 本文只研究核是由三个传感节点组成的情况, 三传感节点位于等边三角形的三个顶点, 核(Core)可以是移动的也可以是固定的, 核内部通信是通过有线

进行的, 并选取其中一个传感节点为核头。一般情况下固定核的边要比移动的长, 主要是因为移动核受到环境的限制。具体的网络是由移动核(Mobile-Core)、固定核(Static-Core)、移动传感节点(单节点或移动节点)、固定传感节点(参考节点)。固定核及参考节点知道自己的绝对位置(如先用 GPS 定位好)并且能向邻居节点发送自己的绝对位置。传感器网络的节点布局如图 1。

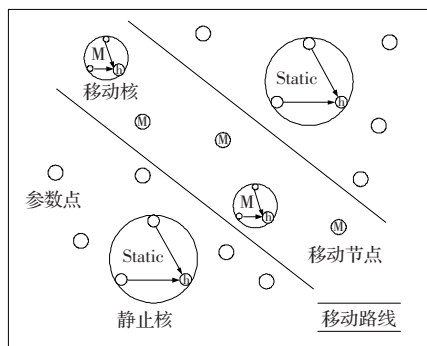


图1 传感器网络的节点布局图

4.2 算法的流程

4.2.1 网络对单节点和移动核的定位(自身定位)

(1) 单节点自身定位的算法

① 单节点接收参考节点发送的数据包, 并从包中提取 $RSSI$ 值, 计算到参考节点的距离 d 。

② 任取 3 个 d 值组成方程组(3), 求解方程组。

③ 重复步骤②, 然后计算所有解的平均值作为单节点的坐标估计。

(2) 移动核自身定位的算法

① 求解核的 3 个顶点的近似坐标(根据上面单节点自身定位算法)。

② 取 3 个顶点的近似坐标的形心为移动核的坐标。

4.2.2 移动核对单节点和移动核的相对定位

假定主动发起定位的移动核为主动定位核, 被定位的移动核为被定位核。

(1) 移动核定位单节点算法

① 单节点发送数据包, 移动核 3 个定点分别接收此数据包, 根据包中 $RSSI$ 值计算到单节点的距离 d_1, d_2, d_3 , 并组成方程组(3)。

② 求解此方程组得到单节点的近似坐标。

(2) 主动定位核定位被定位核的算法

① 分别计算被定位核的 3 个顶点的坐标(根据上面移动核定位单节点的算法)。

② 求取 3 个顶点的形心作为被定位核的近似坐标。

5 模拟结果分析

5.1 模拟条件

CC2431 有效定位距离是 64 m, 因此设定的定位区域是 $64 \text{ m} \times 64 \text{ m}$ 的方形区域。

自身定位: 参考节点随机地分布在此区域中, 被定位核的位置在区域中心, 形心的位置为 $(0, 0)$, 单节点位置也为 $(0, 0)$ 。

相对定位: 主动定位核位于区域中心, 被定位核或单节点离主动定位核的形心一定距离, 主动定位核形心为原点 $(0, 0)$ 。

基于实际硬件环境, 首先模拟分析了自身定位中, 区域内参考节点的数量对定位的准确度的影响, 然后分析了相对定位

中主动定位核的边长及定位距离对准确度的影响。

误差距离指测量到的坐标和实际坐标的距离,误差距离置信区间上限指误差距离的正态分布的置信区间上限。

5.2 具体的模拟结果数据

5.2.1 自身定位

被定位核分别为移动核与单节点情况下的误差距离 97.5%置信区间上限比较如图 2。

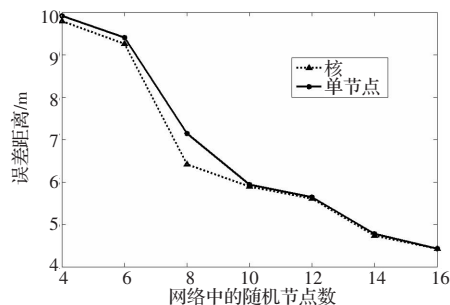


图2 误差距离 97.5%置信区间上限

5.2.2 相对定位

主动定位核对被定位核及单节点定位的误差比较:

(1) 主动定位核和被定位核的边长都为 3 m 时,主动定位核对被定位核及单节点定位的误差距离 97.5%置信区间上限比较如图 3。

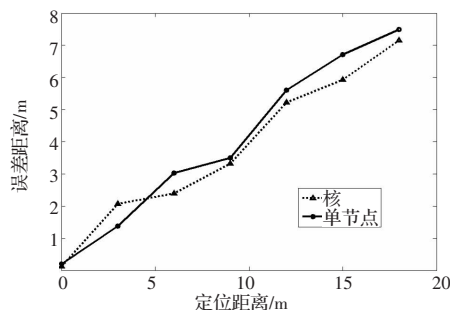


图3 误差距离 97.5%置信区间上限(边长=3 m)

(2) 主动定位核边长为 9 m 和被定位核的边长为 3 m 时,主动定位核对被定位核及单节点定位的误差距离 97.5%置信区间上限比较如图 4。

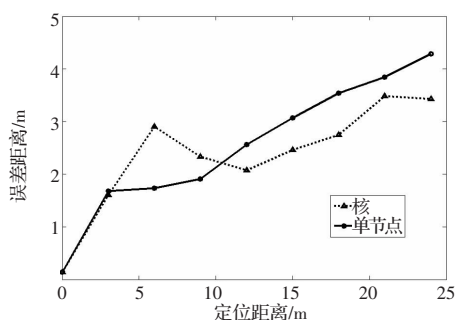


图4 误差距离 97.5%置信区间上限(边长=9 m)

(3) 主动定位核边长为 15 m 和被定位核的边长为 3 m 时,主动定位核对被定位核及单节点定位的误差距离 97.5%置信区间上限比较如图 5。

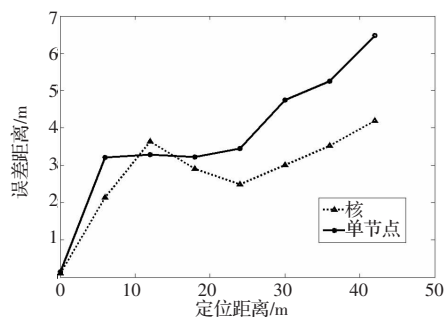


图5 误差距离 97.5%置信区间上限(边长=15 m)

准确度越来越高,当传感节点的数量达到 16 个时,定位误差距离 97.5%的置信区间上限不到 5 m。数据显示对核的定位比对单节点定位的准确度要好,特别是在 6~10 个节点时效果更明显。主要原因是此时网络对称性低,单点的误差会更大,核能有效地消除这种部分误差。

相对定位中:对移动核的定位准确度比对单传感节点的定位好,而且随着主动定位核边长增加,准确度提高,如在边长 15 m 的主动定位核内部准确度达到 0.5 m 以下;距离为 42 m 时,最大误差也不超过 7 m。边长为 3 m 时误差显得比较大,主要原因是 CC2431 的测距误差达到 3 m,与核边长接近,产生较大的误差。以上数据显示核定位能提供很高的准确度,这种准确度能满足绝大多数应用需求。如果在网络布设一定数量的核,就能构建整个网络的拓扑图。

7 总结

通过在无线传感网络中引入核,解决使用少量节点的就能进行相对定位问题,并提高了定位的准确度。在实际硬件环境中模拟分析显示,相对定位方面,利用核能取得相当好的准确度,此种准确度对于某些应用场合,如交通导航,跟踪调查、路由算法选择中已经足够,且不会给网络增加很多负载和费用,自身定位方面,对移动核定位的准确度比对单传感节点好。另外相对定位时,当定位距离接近主动定位核边长时,对单节点比对核的效果要好,是需要改进的地方。

参考文献:

- [1] 崔莉,鞠海玲,苗勇,等.无线传感器网络研究发展[J].Journal of Computer Research and Development,2005,42(1):163-174.
- [2] 王福豹,史龙,任丰原.无线传感器网络中的自身定位系统和算法[J].Journal of Software,2005,16(5):857-868.
- [3] He T,Huang C D,Blum B M,et al.Range-free localization schemes in large scale sensor networks[C]//Proc of the 9th Annual Int'l Conf on Mobile Computing and Networking.San Diego:ACM Press,2003:81-95.
- [4] Meguerdichian S,Slijepcevic S,Karayan V,et al.Localized algorithms in wireless ad-hoc networks:Location discovery and sensor exposure[C]//Proc of the 2nd ACM Int'l Symp on Mobile Ad Hoc Networking & Computing.Long Beach:ACM Press,2001:106-116.
<http://www.vs.inf.ethz.ch/edu/SS2005/DS/papers/sensornetze/meguerdichi-an01cpdf>.
- [5] Srinivasan K,Levis P.RSSI is under appreciated[D/OL].Department of Electrical Engineering and Department of Computer Science, Stanford University,Stanford,CA.
<http://www.eecs.harvard.edu/emnets/papers/levisEmnets06.pdf>.
- [6] CC2431 location engine.Application Note AN042(Rev.1.0)[EB/OL].
<http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc2431.html>.

6 结果分析

从结果可以看出,自身定位中,随着区域参考点的增加,准