



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102364983 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 24

(21) 申请号 201110300384. 5

审查员 余永佼

(22) 申请日 2011. 10. 08

(73) 专利权人 中国科学院上海微系统与信息技术研究所

地址 200050 上海市长宁区长宁路 865 号 5 号楼 505 室

(72) 发明人 罗炬锋 丁承 汪磊 付耀先

(74) 专利代理机构 上海泰能知识产权代理事务所 31233

代理人 宋纓 孙健

(51) Int. Cl.

H04W 64/00 (2009. 01)

H04W 84/18 (2009. 01)

(56) 对比文件

CN 101184328 A, 2008. 05. 21,

CN 101945474 A, 2011. 01. 12,

WO 2011/040346 A1, 2011. 04. 07,

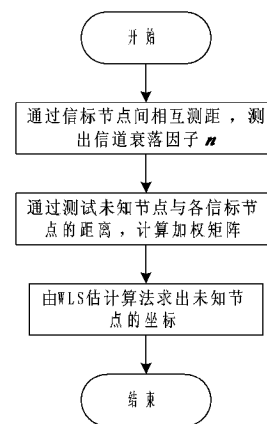
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

无线传感网中基于 RSSI 测距的 WLS 节点自定位方法

(57) 摘要

本发明涉及一种无线传感网中基于 RSSI 测距的 WLS 节点自定位方法, 在定位过程中首先对信道衰落因子 n 通过加权计算获得; 然后利用 RSSI 测距测得未知节点与信标节点的距离; 最后通过加权最小二乘估计算法 (WLS) 估计得到未知节点的坐标。该定位算法在硬件复杂度与最小二乘 (LS) 估计算法相同的基础上, 定位精度与之有较大提升, 因此本发明简单、易于实现, 有较强的实用价值。



1. 一种无线传感网中基于 RSSI 测距的 WLS 节点自定位方法, 采用 WLS 估计算法, 其特征在于, 包括以下步骤:

1) 无线传感网中的一个信标节点接收其他 N-1 个信标节点以射频方式发送的射频信号;

2) 测量 N-1 个信标节点发出的信号在指定信标节点处功率, 并按照对数 - 正态信道模型, 计算出每个节点信号对应的信道衰减因子, 然后对各个信道衰减因子进行加权平均, 作为信道衰减因子的估计值 n_{est} ;

3) 无线传感网中的一未知节点接收多个信标节点以射频方式发送的射频信号, 接收节点基于 RSSI 进行测距, 求出相对于其他信标节点距离的估计值;

4) 根据未知节点与信标节点的测距距离之比作为加权矩阵, 由 WLS 算法求出未知节点的坐标, 从而实现未知节点定位; 所述的步骤 4) 中求出未知节点坐标的方法, 包括: 按照 $\bar{X} = (H^T W H)^{-1} H^T W^{-1} Z$ 计算未知节点的坐标, 其中 $H = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 \\ \vdots & \vdots \\ x_N - x_1 & y_N - y_1 \end{bmatrix}$,

$$Z = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} K_2^2 - K_1^2 - d_{2est}^2 + d_{1est}^2 \\ K_3^2 - K_1^2 - d_{3est}^2 + d_{1est}^2 \\ \vdots \\ K_N^2 - K_1^2 - d_{Nest}^2 + d_{1est}^2 \end{bmatrix}; (x_i, y_i) \text{ 为信标节点坐标; 未知节点到各个信标节点的距离为}$$

d_{iest} ; W 为加权矩阵 $w_{di} = d_{iest} / d_{1est}$, $W = \text{diag}(w_{d2}^2, w_{d3}^2, \dots, w_{dN}^2)$, 其中, $K_i^2 = x_i^2 + y_i^2$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的一种无线传感网中基于 RSSI 测距的 WLS 节点自定位方法, 其

特征在于: 所述的步骤 2) 中获得的信道衰落因子 n_{est} 为: $n_{est} = \sum_{i=2}^N w_i n_{1i}$, $w_i = \frac{1}{d_{1i}} \frac{1}{\sum_{j=2}^N 1/d_{1j}}$, 其

中 n_{1i} , $2 \leq i \leq N$ 为第 i 个信标节点发射信号在第 1 个信标节点处的信道衰落因子, 可表示

为 $n_{1i} = \frac{P_0 - P_{1i}}{10 \log_{10} d_{1i}}$; d_{1i} 为第 i 个信标节点与第 1 个信标节点间的距离, 其中, P_0 为距离发射

节点 1m 处接收到的信号功率, P_{1i} 为第 i 个信标节点发射、第 1 个信标节点接收到的信号功率。

无线传感网中基于 RSSI 测距的 WLS 节点自定位方法

技术领域

[0001] 本发明属无线传感网络定位技术领域,特别是涉及一种无线传感网中基于 RSSI 测距的 WLS 节点自定位方法。

背景技术

[0002] 无线传感器网络 (Wireless Sensor Network, WSN) 是由具有无线通信、感知及计算能力的微型传感器节点组成的“智能”网络,它涉及多学科高度交叉、知识高度集成的前沿热点研究领域,现已广泛应用于军事、农业、环境检测、医疗卫生、工业、智能交通等各种领域。在无线传感器网络应用中,节点的位置信息很重要,在大多数应用中,不知道传感器位置而感知的数据是没有意义的。目前的节点自定位算法主要分为两大类:基于测距 (range-based) 的定位算法和无需测距的定位算法 (range-free)。基于测距的定位算法通过测量未知节点和信标节点间的距离或者角度关系信息,使用三边测量、三角测量等定位算法完成节点坐标定位,常用的测距技术有 RSSI, TOA, TDOA, AOA 等;无需测距的定位算法不需要测量节点间的相对距离,而是通过网络连通性、路由跳数等信息进行定位,这些算法定位精度受网络拓扑以及信标节点密度影响很大,误差也普遍较大。

[0003] 在基于测距的定位算法中,基于 RSSI 的定位由于无需增加额外的硬件设施,简单方便,现已广泛的应用于无线传感器网络的定位中。基于 RSSI 的测距是通过接收信号强度 (RSS),得到收发节点间的功率损耗,对照无线信号传输距离与功率衰减的关系获得收发节点间距离。然而基于 RSSI 的定位算法受环境影响较大,测距误差较大,定位精度受限。因此如何提高基于 RSSI 的定位精度已成为本领域技术人员亟待解决的技术课题。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种无线传感网中基于 RSSI 测距的 WLS 节点自定位方法,以便提高 RSSI 的定位精度。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:提供一种无线传感网中基于 RSSI 测距的 WLS 节点自定位方法,采用 WLS 估计算法,包括以下步骤:

[0006] 1) 无线传感网中的一个信标节点接收其他 $N-1$ 个信标节点以射频方式发送的射频信号;

[0007] 2) 测量 $N-1$ 个信标节点发出的信号在指定信标节点处功率,并按照对数-正态信道模型,计算出每个节点信号对应的信道衰减因子,然后对各个信道衰减因子进行加权平均,作为信道衰减因子的估计值 n_{est} ;

[0008] 3) 无线传感网中的一未知节点接收多个信标节点以射频方式发送的射频信号,接收节点基于 RSSI 进行测距,求出相对于其他信标节点距离的估计值;

[0009] 4) 根据未知节点与信标节点的测距距离之比作为加权矩阵,由 WLS 算法求出未知节点的坐标,从而实现未知节点定位。

[0010] 所述的步骤 2) 中获得的信道衰落因子 n_{est} 为：
$$n_{est} = \sum_{i=2}^N w_i n_{1i}, \quad w_i = \frac{1}{d_{1i}} \frac{1}{\sum_{j=2}^N 1/d_{1j}},$$
 其中 n_{1i} ($2 \leq i \leq N$) 为第 i 个信标节点发射信号在第 1 个信标节点处的信道衰落因子, 可表示为 $n_{1i} = \frac{P_0 - P_i}{10 \log_{10} d_{1i}}$; d_{1i} 为第 i 个信标节点发射信号在第 1 个信标节点间的距离。

[0011] 所述的步骤 4) 中求出未知节点坐标的方法, 包括: 按照 $\tilde{X} = (H^T W H)^{-1} H^T W^{-1} Z$

计算未知节点的坐标, 其中 $H = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 \\ \vdots & \vdots \\ x_N - x_1 & y_N - y_1 \end{bmatrix}$, $Z = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} K_2^2 - K_1^2 - d_{2est}^2 + d_{1est}^2 \\ K_3^2 - K_1^2 - d_{3est}^2 + d_{1est}^2 \\ \vdots \\ K_N^2 - K_1^2 - d_{Nest}^2 + d_{1est}^2 \end{bmatrix}$; (x_i, y_i) 为信

标节点坐标; 未知节点到各个信标节点的距离为 d_{iest} ; W 为加权矩阵 $w_{di} = d_{iest}/d_{1est}$, $W = \text{diag}(w_{d2}^2, w_{d3}^2, \dots, w_{dN}^2)$ 。

[0012] 各测距距离间的比值关系能在一定程度上反映噪声功率比, 因此能合理地近似噪声的协方差。将加权矩阵设计成对角阵形式, 运算复杂度很小, 整个 WLS 算法实现复杂度与 LS 基本相同。

[0013] 有益效果

[0014] 1. 本发明定位过程中首先对信道衰落因子 n 通过加权计算获得, 因此不需要提前统计测试。

[0015] 2. 在获得未知节点与信标节点的测距信息之后, 利用 WLS 估计算法得到未知节点的坐标。在硬件复杂度与 LS 相同的基础上, 定位精度与之有较大提升。

[0016] 3. 本发明所提供的一种无线传感网中基于 RSSI 的定位方法中没有大量的运算, 实现简单, 非常适合能量受限、计算能力受限、存储资源受限以及通信能力受限的四大受限无线传感器网络的应用场景。

附图说明

[0017] 图 1 为本发明的无线传感网中基于 RSSI 测距的 WLS 节点自定位方法的流程图。

具体实施方式

[0018] 下面结合具体实施例, 进一步阐述本发明。应理解, 这些实施例仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。此外应理解, 在阅读了本发明讲授的内容之后, 本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改, 这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

[0019] 本发明提供一种无线传感网中基于 RSSI 测距的 WLS 节点自定位方法, 如图 1 所示, 本发明基于 RSSI 测距技术采用对数 - 正态信道模型, 其功率衰落与距离的关系见式 (1)。

[0020] $P_i [\text{dBm}] = P_0 [\text{dBm}] - 10n \log_{10} d_i + X_0$ (1)

[0021] 本发明只考虑二维定位情况, 其中 d_i 为未知节点 (x, y) 到信标节点 (x_i, y_i) 的距离, $d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$; P_0 为距离发射节点 1m 处接收到的信号功率, P_i 为距离发射节

点 d_i 处的接收信号, 单位为 dBm ; n 为信道的衰落因子 ; X_0 为均值为 0, 方差为 σ_v^2 的高斯分布噪声。

[0022] 由式 (1) 得到

$$[0023] \quad n = \frac{P_0 - P_i}{10 \log_{10} d_i} \quad (2)$$

[0024] 利用式 (2) 通过在信标节点间相互测距求得信道衰落因子。假设有 N 个信标节点, 选取第 1 个信标节点作为接收节点, 第 2 ~ 第 N 个信标节点作为发射节点, 则第 i 个信标节点发射信号在第 1 个信标节点处的信道衰落因子 n_{1i} ($2 \leq i \leq N$) 可表示为

$$[0025] \quad n_{1i} = \frac{P_0 - P_{1i}}{10 \log_{10} d_{1i}} \quad (3)$$

[0026] P_{1i} 为第 i 个信标节点发射, 第 1 个信标节点接收到的信号功率, 也就是 RSSI 指示 ; d_{1i} 为第 i 个信标节点与第 1 个信标节点的距离, 是已知量。对式 (3) 求得的 $N-1$ 个 n_{1i} ($2 \leq i \leq N$) 进行加权平均, 得到信道衰落因子 n_{est} 为

$$[0027] \quad n_{est} = \sum_{i=2}^N w_i n_{1i}, \quad w_i = \frac{1}{d_{1i}} \frac{1}{\sum_{j=2}^N 1/d_{1j}} \quad (4)$$

[0028] 在系统资源允许的条件下, 可以进一步增加测距本来提高精度。按上面方法求得以第 1 个节点为接收节点, 其他信标节点为发送节点时的信道衰落因子 n_{1est} , 同理可以得到 n_{iest} ($2 \leq i \leq N$)。对 n_{iest} ($1 \leq i \leq N$) 取平均则得到精度更高的信道衰落因子 n 的估计值, 当然这种精度的提高是通过增加测试样本和资源开销而获得的。

[0029] 利用 RSSI 测距确定自身和发射节点间的距离的方法已经为本领域技术人员所熟知, 故在此不再详述。

[0030] 假设未知节点坐标为 (x, y) , 有 N ($N \geq 3$) 个信标节点, 坐标为 (x_i, y_i) , $1 \leq i \leq N$ 。经过 RSSI 测距得到未知节点到各个信标节点的距离为 d_{iest} , 利用多边形极大似然定位方法得到式 (5)。

$$[0031] \quad \begin{bmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 \\ \vdots & \vdots \\ x_N - x_1 & y_N - y_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{x} \\ \tilde{y} \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} K_2^2 - K_1^2 - d_{2est}^2 + d_{1est}^2 \\ K_3^2 - K_1^2 - d_{3est}^2 + d_{1est}^2 \\ \vdots \\ K_N^2 - K_1^2 - d_{Nest}^2 + d_{1est}^2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

[0032] 其中 (\tilde{x}, \tilde{y}) 为未知节点的估计坐标, $K_i^2 = x_i^2 + y_i^2$,

$$[0033] \quad H = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 \\ \vdots & \vdots \\ x_N - x_1 & y_N - y_1 \end{bmatrix}, \quad Z = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} K_2^2 - K_1^2 - d_{2est}^2 + d_{1est}^2 \\ K_3^2 - K_1^2 - d_{3est}^2 + d_{1est}^2 \\ \vdots \\ K_N^2 - K_1^2 - d_{Nest}^2 + d_{1est}^2 \end{bmatrix}.$$

[0034] WLS 算法原理为

$$[0035] \quad \tilde{X} = (H^T W H)^{-1} H^T W^{-1} Z \quad (7)$$

[0036] 理论证明当加权矩阵为正定矩阵 $W = R_N^{-1}$ 时, 加权最小二乘估计的误差矩阵可达最小。其中 R_N 为噪声的协方差矩阵。然而噪声的协方差矩阵是很难得到的, 这也是加权最小

二乘估计算法并没有应用于节点定位中的一个很重要的原因。

[0037] 本文通过对信道模型分析以及考虑测距中距离越远误差越大的特点,将各测距距离之比作为加权矩阵 W 来表示,得到:

$$[0038] \quad w_{di} = d_{i_{\text{est}}}/d_{1_{\text{est}}}, 2 \leq i \leq N$$

$$[0039] \quad (8)$$

$$[0040] \quad W = \text{diag}(w_{d2}^2, w_{d3}^2, \dots, w_{dN}^2)$$

[0041] 其中 $\text{diag}()$ 代表对角阵。式 (8) 得到的加权矩阵 W 是对角线全为正数的对角阵,因此 W 是正定矩阵,满足加权矩阵为正定矩阵的理论要求,此外 w_{di}^2 之间的比值关系能在一定程度上反映噪声功率比,因此能合理的近似噪声的协方差。

[0042] 综上所述,本发明通过在定位过程中首先对信道衰落因子 n 通过加权计算获得,而不需要提前统计测试;在获得未知节点与信标节点的测距信息之后,利用 WLS 估计算法得到未知节点的坐标。WLS 定位算法在硬件复杂度与 LS 相同的基础上,定位精度与之有较大提升。本发明的方法运算量少,实现简单,可应用多种无线传感网络。

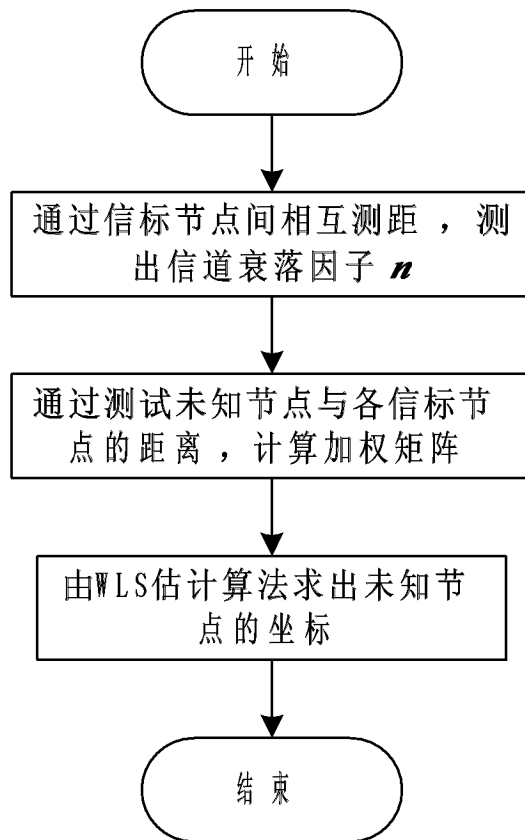


图 1