



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101873692 A

(43) 申请公布日 2010. 10. 27

(21) 申请号 201010206390. X

(22) 申请日 2010. 06. 23

(71) 申请人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)
西源大道 2006 号

(72) 发明人 洪劲松 张光昱 王巍巍 李莉
李冰 王秉中

(74) 专利代理机构 电子科技大学专利中心

51203

代理人 周永宏

(51) Int. Cl.

H04W 64/00(2009. 01)

H04W 84/18(2009. 01)

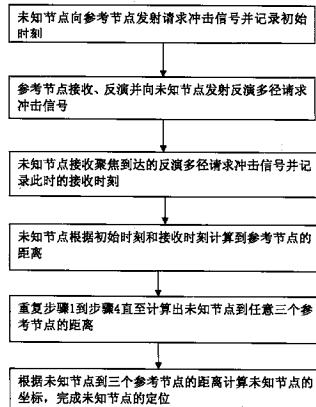
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

基于时间反演的无线传感器网络节点定位方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于时间反演的无线传感器网络节点定位方法。包括步骤：步骤1：未知节点向参考节点发射请求冲击信号并记录初始时刻。步骤2：参考节点接收、反演并向未知节点发射反演多径请求冲击信号。步骤3：未知节点接收聚焦到达的反演多径请求冲击信号并记录此时的接收时刻。步骤4：未知节点根据初始时刻和接收时刻计算到参考节点的距离。步骤5：重复步骤1到步骤4直至计算出未知节点到任意三个参考节点的距离。步骤6：根据未知节点到三个参考节点的距离计算未知节点的坐标，完成未知节点的定位。本发明的有益效果是：解决了复杂环境下的传统TOA定位误差变大的问题，使得系统的定位误差小于工作波长。



1. 一种基于时间反演的无线传感器网络节点定位方法,用于无线传感器网络,所述无线传感器网络包括至少三个参考节点和至少一个未知节点,包括步骤:

步骤1:任意选取其中一个未知节点,该未知节点向任意一个参考节点发射请求冲击信号 $s(t)$,同时记录此时未知节点发射请求冲击信号 $s(t)$ 的初始时刻为 t_1 ;

步骤2:发射请求冲击信号 $s(t)$ 经过多径影响后到达参考节点成为多径请求冲击信号 $s'(t)$ 并被参考节点接收,参考节点对多径请求冲击信号 $s'(t)$ 进行时间反演处理后得到反演多径请求冲击信号 $s'(-t)$,参考节点再将反演多径请求冲击信号 $s'(-t)$ 发射出去;

步骤3:反演多径请求冲击信号 $s'(-t)$ 经过多径影响后返回到达未知节点聚焦成为反演多径应答冲击信号 $s''(t)$ 并被未知节点接收,同时记录此时未知节点接收反演多径应答冲击信号 $s''(t)$ 的接收时刻为 t_2 ;

步骤4:根据接收时刻 t_2 和初始时刻 t_1 的时间差 t_2-t_1 和电磁波传播的速度 c 来计算未知节点与上述参考节点之间的距离 $l = (t_2-t_1) \times c/2$;

步骤5:重新选择另外一个参考节点重复步骤1到步骤4,直至计算出无线传感器网络中在步骤1中所选定的未知节点到任意三个参考节点的距离;

步骤6:根据所选定的未知节点到三个参考节点的距离列出三个含未知节点坐标的方程式组成方程组,再根据最小二乘法来求解所述方程式得出未知节点的坐标,实现未知节点的定位。

基于时间反演的无线传感器网络节点定位方法

技术领域

[0001] 本技术发明涉及无线传感器网络技术领域,针对节点定位技术。提出一种精度较高的适用于复杂电磁环境的基于时间反演技术的无线传感器网络节点定位方案。

背景技术

[0002] 节点定位是无线传感网络的关键技术之一,它有助于我们获取某个事件的发生地点的信息,也有助于网关节点了解整个网络部署情况和制定高效的路由机制。

[0003] 无线传感器节点的定位技术分为与参数测量无关和与参数测量有关的两大类定位技术。第一大类与参数无关的定位技术主要是基于对到参考节点的跳数以及每跳的估计距离来计算节点间的距离来确定座标,由于无线传感器网络的节点分布不均匀,因而每跳距离也不均匀,所以这种定位技术的精度不高。第二类是与参数测量有关的定位技术,它又可以进一步分为以下几个方法:一是基于角度测量的定位方法(AOA, Angle Of Arrival),该方法通过测量参考节点到未知节点的信号的到来角度并根据几何中的三角函数关系估计各个节点的坐标,这种定位方法虽然精度较高但是需要节点安装方向性较强的天线阵列,这样节点的体积大,硬件成本高。二是基于接收信号强度指示(RSSI, Received signal strength indication)的定位方法,该方法是根据未知节点到达参考节点的信号的功率和其发射功率的比较来粗略估计节点之间的距离,由于信号的反射和折射均会造成信号的较快衰减,所以该方法精度不高。三是基于距离测量的定位方法,该方法先估计未知节点之间的距离,然后根据n个几何距离方程组(n是有效参考节点的个数)和最小二乘估计法来估计各个节点的坐标,该方法的距离测量采用达到时间(TOA, Time of arrival)技术或到达时间差(TDOA, Time Difference of Arrival)技术,TOA技术采用超宽带电磁波通过估计参考节点的信号到达未知节点的时间差和电磁波传播的速度来估计节点间的距离。TDOA技术是采用两种物理信号如电磁波和超声波在一定的距离上的传播时间差来进行距离估计的。上述TOA技术或TDOA技术的距离测量在较为复杂的电磁环境下多径干扰较为强烈,因而节点间的距离测量误差也比较大,故节点的定位精度也不够精确。

[0004] 为了对现有的TOA技术和本发明的技术作详细说明,提供了如图1所示的无线传感器网络的模型,在该网络模型中,包含了三个参考节点和两个未知节点,所有的参考节点和未知节点都位于同一个平面坐标中,该平面坐标包括横坐标x和纵坐标y,参考节点的坐标已知,实际应用中,可以为参考节点配备GPS模块实现自身的定位,本实施例中,三个参考节点形状为圆形,三个参考节点的坐标分别用 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 和 (x_3, y_3) 表示,两个未知节点形状为三角形,两个未知节点的坐标分别用 (x_4, y_4) 和 (x_5, y_5) 表示,参考节点 (x_1, y_1) 与未知节点 (x_4, y_4) 之间存在木桌子1、金属柜2和玻璃柜3三种障碍物。

[0005] 在理想状态中,我们采用TOA技术对未知节点进行定位时,会假定信号的传输只有直达路径一条路径。但是,在实际模型中,如图1所示的模型中,当参考节点向未知节点发射用于定位的信号时,在信号传输过程中,从参考节点到达未知节点的信号有多条传输路径,如直达路径,如被木桌子1影响后的反射路径,被金属柜2影响后的散射路径。经过

上述不同路径的信号到达未知节点时,不同路径的信号重叠以后,波形要相对理想模型中到达未知节点的信号出现失真,波形的峰值就会相对理想模型中的波形峰值出现偏移,这个偏移量就是由于多径(多条路径)影响带来的时间延迟的误差,多径越丰富造成的误差将越大。

[0006] 下面,通过理论来阐述没有采用时间反演技术的现有定位方法存在的定位误差的原因。由于没有采用时间反演技术的现有定位方法是由参考节点直接向未知节点发送信号,下面公式(1)和公式(2)分别是参考节点向未知节点发送的原始冲击信号 $r(t)$ 和经过多径影响后达到参考节点的多经冲击信号 $r'(t)$,这两种信号分别与本发明方案中步骤3中的反演多径请求冲击信号 $s'(-t)$ 和反演多径应答冲击信号 $s''(t)$ 对应。

$$[0007] \quad r(t) = e^{\frac{-2\pi t^2}{\tau^2}} \text{ 公式 (1)}$$

$$[0008] \quad r'(t) = \sum_{i=1}^n a_i e^{\frac{-2\pi(t-t_i)^2}{\tau^2}} \quad \text{公式 (2)}$$

[0009] 公式中, τ 是原始冲击信号的时间域上的宽度, t 是请求冲击信号的信号传输过程中的时间的变量, e 是指数函数的底数,它为一个约定成俗的常数, i 是多径的编号, n 是所有的多径的总数量, t_i 是参考节点发射原始冲击信号 $r(t)$ 沿不同路径到达同一未知节点的时刻值, t_1 即为直达信号到达未知节点的时刻值, a_i 是沿着第 i 条路径到达未知节点的信号多径的幅度。

[0010] 原始冲击信号 $r(t)$ 和多经冲击信号 $r'(t)$ 均为一个连续可导的函数,在信号峰值时刻的导数值为零,为了寻找可能出现的峰值我们对多经冲击信号 $r'(t)$ 的导函数的零值进行分析。

$$[0011] \quad \frac{dr'(t)}{dt} = \sum_{i=1}^n -4\pi a_i (t - t_i) e^{\frac{-2\pi(t-t_i)^2}{\tau^2}} \text{ 公式 (3)}$$

$$[0012] \quad \frac{dr'(t)}{dt} = a_1(t - t_1) e^{\frac{-2\pi t(t_1 - t_2)}{\tau^2}} e^{\frac{-2\pi(t_2^2 - t_1^2)}{\tau^2}} - a_2(t_2 - t) = 0 \text{ 公式 (4)}$$

[0013] 假设环境中只有一条多径信号和直达信号叠加,则以上的公式(3)简化为公式(4)时, $t < t_1$ 时上式恒为负;当 $t > t_2$ 时上式恒为正。因此只有在区间 $[t_1, t_2]$ 内上式才可能有零值,且 $t = t_1$ 和 $t = t_2$ 时其导数均不为零。因此其峰值相对于 t_1 必定有一定的偏移。以下步骤是近似计算多经冲击信号 $r'(t)$ 相对原始冲击信号 $r(t)$ 的偏移量的过程。

[0014] 当 t_1 非常接近 t_2 ,公式(4)中 e 的两个指数项均接近 1,于是有:

$$[0015] \quad \frac{dr'(t)}{dt} \approx a_1(t - t_1) - a_2(t_2 - t) = 0 \text{ 公式 (5)}$$

[0016] 根据公式(5)计算得到原始冲击信号 $r(t)$ 到达未知节点的多经冲击信号 $r'(t)$ 的峰值时刻:

$$[0017] \quad t' = \frac{a_1 t_1 + a_2 t_2}{a_1 + a_2} \text{ 公式 (6)}$$

[0018] 将公式(6)中的峰值时刻 t' 与直达信号到达未知节点的时刻值 t_1 求差值得到多径冲击信号 $r'(t)$ 相对于理想模型下直达信号的时间偏移量:

$$[0019] \Delta T_{mul} = t' - t_1 = \frac{a_1 t_1 + a_2 t_2}{a_1 + a_2} - t_1 = \frac{a_2(t_2 - t_1)}{a_1 + a_2} \text{ 公式 (7)}$$

[0020] 式中, ΔT_{mul} 是多径影响带来的相对理想模型的误差。可以看出它和多径的幅度 a_i 和时间延迟 t_i 有关系。由于传统的 TOA 定位技术正是依靠检测信号的峰值来判断信号是否到达, 从而完成未知节点到参考节点之间的距离测量的, 因此在路径较多(如障碍物多)的环境下的 TOA 定位的误差较大。

发明内容

[0021] 本发明的目的是为了克服无线传感器网络的基于距离测量的定位方法在较为复杂的电磁环境下多径干扰较为强烈, 节点间的距离测量误差较大的不足, 提出了一种基于时间反演的无线传感器网络节点定位方法。

[0022] 为了实现上述目的, 本发明的技术方案是:一种基于时间反演的无线传感器网络节点定位方法, 用于无线传感器网络, 所述无线传感器网络包括至少三个参考节点和至少一个未知节点, 包括步骤:

[0023] 步骤 1:任意选取其中一个未知节点, 该未知节点向任意一个参考节点发射请求冲击信号 $s(t)$, 同时记录此时未知节点发射请求冲击信号 $s(t)$ 的初始时刻为 t_1 ;

[0024] 步骤 2:发射请求冲击信号 $s(t)$ 经过多径影响后到达参考节点成为多径请求冲击信号 $s'(t)$ 并被参考节点接收, 参考节点对多径请求冲击信号 $s'(t)$ 进行时间反演处理后得到反演多径请求冲击信号 $s'(-t)$, 参考节点再将反演多径请求冲击信号 $s'(-t)$ 发射出去;

[0025] 步骤 3:反演多径请求冲击信号 $s'(-t)$ 经过多径影响后返回到达未知节点聚焦成为反演多径应答冲击信号 $s''(t)$ 并被未知节点接收, 同时记录此时未知节点接收反演多径应答冲击信号 $s''(t)$ 的接收时刻为 t_2 ;

[0026] 步骤 4:根据接收时刻 t_2 和初始时刻 t_1 的时间差 $t_2 - t_1$ 和电磁波传播的速度 c 来计算未知节点与上述参考节点之间的距离 $l = (t_2 - t_1) \times c / 2$;

[0027] 步骤 5:重新选择另外一个参考节点重复步骤 1 到步骤 4, 直至计算出无线传感器网络中在步骤 1 中所选定的未知节点到任意三个参考节点的距离;

[0028] 步骤 6:根据所选定的未知节点到三个参考节点的距离列出三个含未知节点坐标的方程式组成方程组, 再根据最小二乘法来求解所述方程式得出未知节点的坐标, 实现未知节点的定位。

[0029] 本发明的有益效果是:解决了复杂环境下的传统 TOA 定位误差变大的问题, 使得系统的定位误差小于工作波长。为无线传感器实现路由, 管理节点对整个网络的管理, 我们对发生事件的监控都起到了较好的辅助作用。

附图说明

[0030] 图 1 是一种无线传感器网络模型的空间示意图。

[0031] 图 2 是利用最小二乘法计算未知节点的原理图。

[0032] 图 3 为本发明的主流程图。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步的说明。

[0034] 以图 1 所示的无线传感器网络模型为实施环境,本发明提供了一种基于时间反演的无线传感器网络节点定位方法,如图 3 所示,用于图 1 所示的无线传感器网络,所述无线传感器网络包括三个参考节点和二个未知节点,包括步骤:

[0035] 步骤 1:未知节点向参考节点发射请求冲击信号并记录此时的初始时刻。选取未知节点 (x_4, y_4) ,该未知节点向参考节点 (x_1, y_1) 发射请求冲击信号 $s(t)$,同时记录此时未知节点发射请求冲击信号 $s(t)$ 的初始时刻为 t_1 。

[0036] 步骤 2:参考节点接收、反演并向未知节点发射反演多径请求冲击信号。发射请求冲击信号 $s(t)$ 经过多径影响后到达参考节点 (x_1, y_1) 成为多径请求冲击信号 $s'(-t)$ 并被参考节点 (x_1, y_1) 接收,参考节点 (x_1, y_1) 对多径请求冲击信号 $s'(-t)$ 进行时间反演处理后得到反演多径请求冲击信号 $s'(-t)$,参考节点 (x_1, y_1) 再将反演多径请求冲击信号 $s'(-t)$ 发射出去。

[0037] 步骤 3:未知节点接收聚焦到达的反演多径请求冲击信号并记录此时的接收时刻。反演多径请求冲击信号 $s'(-t)$ 经过多径影响后返回到达未知节点 (x_4, y_4) 聚焦成为反演多径应答冲击信号 $s''(t)$ 并被未知节点 (x_4, y_4) 接收,同时未知节点 (x_4, y_4) 记录接收反演多径应答冲击信号 $s''(t)$ 的接收时刻 t_2 ;

[0038] 步骤 4:未知节点根据初始时刻和接收时刻计算到参考节点的距离。根据接收时刻 t_2 和初始时刻 t_1 的时间差 t_2-t_1 和电磁波传播的速度 c 来计算未知节点 (x_4, y_4) 与上述参考节点 (x_1, y_1) 之间的距离 $l = (t_2-t_1) \times c/2$;

[0039] 步骤 5:重复步骤 1 到步骤 4 直至计算出未知节点到任意三个参考节点的距离。重新选择另外一个参考节点 (x_2, y_2) 重复步骤 1 到步骤 4,直至计算出无线传感器网络中在步骤 1 中所选定的未知节点 (x_4, y_4) 到任意三个参考节点的所有距离,所述距离分别表示为 l_1 、 l_2 和 l_3 。

[0040] 步骤 6:根据未知节点到三个参考节点的距离计算未知节点的坐标,完成未知节点的定位。根据所选定的未知节点到三个参考节点的距离 l_1 、 l_2 和 l_3 列出三个含未知节点坐标的方程式组成方程组,再根据最小二乘法来求解所述方程式得出未知节点的坐标,实现未知节点的定位。如图 2 所示,为本实施例采用最小二乘法进行定位计算的几何原理示意图。如图 2 所示,我们建立包含公式 (8)、公式 (9) 和公式 (10) 的方程组就可以求出未知节点的坐标 (x_4, y_4) ,由于最小二乘法是一种现有技术中的数学求解二次方程组的常用方法,因此对其过程不再详细描述。

$$(x_1-x_4)^2+(y_1-y_4)^2 = l_1^2 \quad \text{公式 (8)}$$

$$(x_2-x_4)^2+(y_2-y_4)^2 = l_2^2 \quad \text{公式 (9)}$$

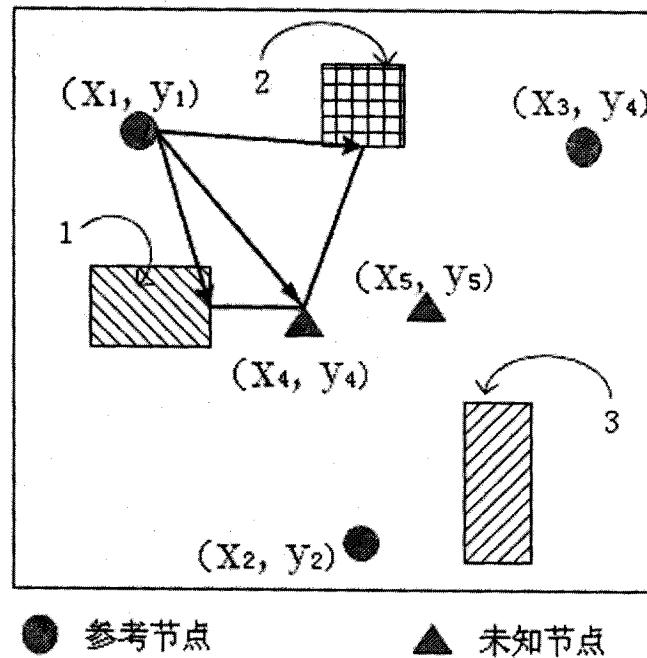
$$(x_3-x_4)^2+(y_3-y_4)^2 = l_3^2 \quad \text{公式 (10)}$$

[0044] 如果网络中的未知节点的个数大于 2,经过上述步骤 (1) 到步骤 (6) 完成未知节点 (x_4, y_4) 定位后,该未知节点 (x_4, y_4) 自动升级成为参考节点继续配合其它参考节点来对另外的未知节点如图中第二个未知节点 (x_5, y_5) 按照上述过程进行定位,依次类推,本领域的普通技术人员可以实现众多未知节点的定位。

[0045] 本实施例中,为了简化描述,采用了平面坐标,本领域的普通技术人员应该意识

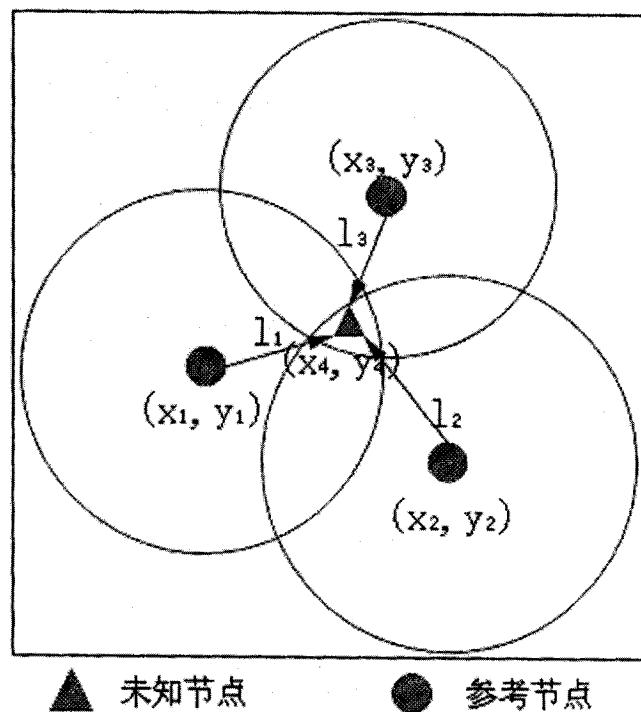
到,可以将上述实施例的平面坐标替换为三维坐标,这一过程是显而易见的,并且也不能脱离本发明的保护范围。

[0046] 本领域的普通技术人员将会意识到,这里所述的实施例是为了帮助读者理解本发明的原理,应被理解为本发明的保护范围并不局限于这样的特别陈述和实施例。本领域的普通技术人员可以根据本发明公开的这些技术启示做出各种不脱离本发明实质的其它各种具体变形和组合,这些变形和组合仍然在本发明的保护范围内。



● 参考节点 ▲ 未知节点

图 1



▲ 未知节点 ● 参考节点

图 2

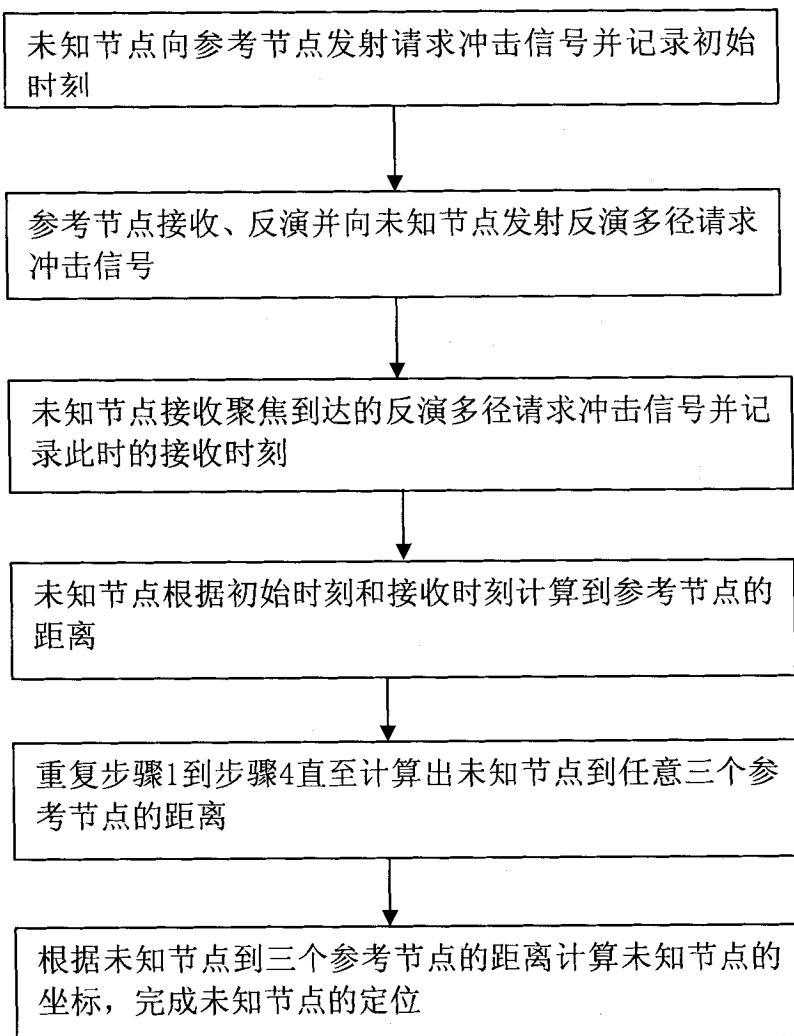


图 3