

一种基于不规则拓扑无线传感器网络的节点定位方法

技术领域

本发明属于通信技术领域，尤其涉及在不规则拓扑无线传感器网络中的节点定位方法。

背景技术

无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSN)作为一种分布式传感网络，它的末梢是可以感知和检查外部世界的传感器。传感器以自组织和多跳的方式构成无线网络，协作地感知、采集、处理以及传输网络覆盖地理区域内被感知对象的信息，并最终将这些信息通过无线电波的形式发送给观察者。然而，在很多 WSN 应用中，节点的定位并不精确（WSN 中的每个传感器都称为一个节点），这样收集到的信息不能准确地反映预探测地区的真实信息。

现有的用于解决 WSN 中节点定位不精确问题的技术有多维标度分析（multidimensional scaling ,MDS）技术，其能够在仅知道节点之间相对距离时准确地计算出各节点的位置。MDS 采用集中式处理信息的方法，将各节点之间的相对直线距离作为输入值，通过计算得出各节点在 WSN 中的绝对坐标（经纬度坐标），见 T.Cox and M.Cox 1994 年 文章《Multidimensional Scaling》。多维标度分析-空间图（MDS-MAP）技术是对 MDS 的一种改进，同样采用集中式处理方法，在处理高密度节点网络时定位精确，但是在解决不规则拓扑（例如 C 形、L 形或 H 形）的无线传感器网络中的节点定位问题时，存在较大误差，见 Yi Shang ,Wheeler Ruml , Ying Zhang and Markus P.J.Fromherz 2013 年 7 月 文章《Proceedings of ACM International symposium on mobile ad hoc networking and computing》提到的节点定位方法。多维标度分析-分簇空间图（MDS-MAP(P)）技术是对 MDS-MAP 的一种改进，采用分布式技术处理问题，能够很好地在不规则拓扑 WSN 中精确定位各节点，但是需要庞大以及高强度的计算，实现起来很复杂，成本太高，见 Yi Shang and Wheeler Ruml 2004 年 文章《Twenty-third Annual Joint Conference of IEEE Computer and Communications Societies》中“Improved mds-based localization”问题的分析。

总的来说，MDS-MAP 在处理不规则拓扑无线传感器网络中，节点定位不精确，误差较大，而 MDS-MAP(P)虽然能够进行精确定位，但是计算强度太大，大

幅提升了运行成本。

发明内容

本发明针对在不规则拓扑网络中节点定位不准确的问题，提出了一种基于不规则拓扑无线传感器网络的节点定位方法，以解决不规则拓扑的无线传感器网络中节点定位不准确的问题，提高节点坐标精确度，同时减小运算负荷，提高系统执行效率，降低成本。

为实现上述目的，本发明的技术方案如下：

步骤一：将地理上相互邻近的节点划分到同一个集群中，并在每个集群中选出一个具有代表性的节点进行整个集群的定位计算，从而减少其它节点的计算量。

步骤二：各个集群中的节点通过测距技术得到距相邻集群内所有节点的距离，通过比较选出相距最短的两个节点，同时，这两个相互独立的集群通过这对节点再次连通。

步骤三：各个集群内的头节点采用 MDS 技术生成一幅由集群内所有节点的相对坐标组成的本地地图。

步骤四：选择节点个数多的集群作为参考，其包含的节点坐标均采用绝对坐标，对其余集群内的节点采用线性变换法，将相对坐标变为绝对坐标，最终生成一幅包含网络中所有节点的绝对坐标的全球地图。

本发明与现有技术相比，具有如下优点：

1.本发明采用分布式技术处理网络节点，能够对不规则拓扑的无线传感器网络中的节点进行精确定位。由于 MDS-MAP 采用 Dijkstra 最短路径法测量节点之间的距离，而这些距离是存在误差的，并且节点相距越远误差越大，最终会导致节点定位出现较大偏差，所以 MDS-MAP 在处理不规则拓扑网络时得到的结果误差很大。而本发明将节点集群化，各个集群中的节点相距都很近，将不受网络拓扑的形状影响，因此得到的坐标误差很小，定位很精确。

2.本发明在生成本地地图时，将节点聚集并划分为集群，每个集群中只有一个节点进行坐标计算，减小了系统运算负荷，降低了成本。由于 MDS-MAP(P)在生成本地地图时，一个集群内所有的节点都需要进行坐标生成计算，系统负荷很大，效率低下，而本发明不需要每个节点都进行计算，只需要头节点生成坐标，

所以能够减小系统运算负荷，提高效率，降低成本。

附图说明

图 1 为本发明所述基于不规则拓扑无线传感器网络的节点定位方法的流程图；

图 2 为集群初始化阶段示例图；

图 3 为集群扩展阶段示例图；

图 4 为本地地图合并为全球地图阶段示例图。

具体实施方式

在无线传感器网络中，每对传感器，即每对节点之间只有一条通信路径。由于无线电波传播是多向的，而且具有一定传播范围，因此只有处于对方无线电波传播范围内的节点才能够互相通信，同时称这两个节点为相邻节点。

如图 1 所示，本发明分为四个步骤：初始集群化，集群扩展，本地地图构建，本地地图合并。

具体实施步骤如下：

步骤一：初始集群化

无线传感器网络由很多节点构成，将整个网络划分为很多子集，每个子集则被称为一个集群。每个集群都是由很多互相邻近（即在地理上处于同一个很小的区域内）的节点组成，并需要选出一个具有代表性的节点，称为集群头节点，其它的节点则是这个集群的成员节点。一个节点只能从属于一个集群，各个集群之间相互独立，没有交集。参考图 2，全部节点组成的网络为 U ，相互邻近的节点被划分到同一个集群内，即形成集群 a，集群 b 和集群 c，每个集群又选出各自的头节点：集群 a 的头节点为 **错误!未找到引用源。**，集群 b 的头节点为 **错误!未找到引用源。**，集群 c 的头节点为 **错误!未找到引用源。**。

步骤二：集群扩展

在集群扩展阶段，每个集群需要从相邻的集群中增加一个额外的节点。参考图 3，集群 a 中共有 8 个节点 **错误!未找到引用源。**，集群 b 中共有 7 个节点 **错误!未找到引用源。**，**错误!未找到引用源。** 表示集群 a 中节点 i 与集群 b 中节点 j 之间的距离。其中 **错误!未找到引用源。** 与 **错误!未找到引用源。** 之间的距离 **错误!未找到引用源。** 最小，那么集群 a 便将节点 **错误!未找到引用源。** 增加到自己的集群中，同时节点 **错误!未找到引用源。** 也加入了集群 b，此时，称节点 **错误!未找到引用源。**

找到引用源。和节点**错误!未找到引用源。**为网关节点，一个网关节点至少要属于两个不同的集群。最终，各个集群会通过网关节点两两连接，将相互隔绝的集群重新连通。

步骤三：本地地图构建

本步骤中，各个集群需要构建自己的本地地图，即每个集群内的节点都要获得一个在本集群内的相对坐标，具体分为以下三个步骤：

3.1.集群内所有的节点采用接收信号强度指示法（RSSI），通过接收到的信号强弱无误差地测定信号点与接收点的距离，测量出与其它节点间的距离后将这些数据发送给集群头节点。参考图 4，集群 a 中共有 6 个节点，头节点为**错误!未找到引用源。**，以节点**错误!未找到引用源。**为例，**错误!未找到引用源。**首先通过 RSSI 获得于其相邻的节点**错误!未找到引用源。**，**错误!未找到引用源。**，**错误!未找到引用源。**的距离**错误!未找到引用源。**，**错误!未找到引用源。**，**错误!未找到引用源。**，然后间接地通过**错误!未找到引用源。**获得**错误!未找到引用源。**与**错误!未找到引用源。**的距离**错误!未找到引用源。**，再计算出**错误!未找到引用源。**到**错误!未找到引用源。**的距离**错误!未找到引用源。**，同理获得到达**错误!未找到引用源。**的距离**错误!未找到引用源。**。同样的，其余节点也测出到达各节点的距离，最后统一将这些距离数据汇集至头节点**错误!未找到引用源。**处。

3.2.集群头节点接收各成员节点发送来的数据，如果某些节点使用 RSSI 没有计算出距离，那么头节点便会采用 Dijkstra 最短路径法测量距离（这些距离是有误差的）。当两两节点之间的距离都得到后，头节点便会生成一个由节点之间的距离组成的矩阵 K。设一个集群拥有 n 个节点，那么它的距离矩阵 K 由 $n \times n$ 个向量组成，记作**错误!未找到引用源。**，数**错误!未找到引用源。**位于矩阵 K 的第 i 行第 j 列，**错误!未找到引用源。**。矩阵的数值设置为：当 $i=j$ 时，值为 0；当 $i \neq j$ 时，值为节点 i 与节点 j 之间的距离**错误!未找到引用源。**。

3.3.集群头节点采用多维标度分析技术 MDS 处理距离矩阵，最终生成一幅由集群内所有节点的相对坐标组成的本地地图。MDS 具体实现步骤分为以下四步：

3.3.1 获得距离矩阵 K；

3.3.2 计算矩阵 K 的平方，**错误!未找到引用源。**；

3.3.3 将**错误!未找到引用源。**双重中心化，即将**错误!未找到引用源。**乘上中

心矩阵 J ，~~错误!未找到引用源。~~，其中 ~~错误!未找到引用源。~~， I 为单位矩阵， G 为 n 维全 1 方阵。

3.3.4 将 H 做奇异值分解，求得 r 个正特征值和对应的特征向量， r 个特征值组成 r 维的对角矩阵 G ，特征向量构成 $n \times r$ 维矩阵 V ，得到所有点的相对坐标 ~~错误!未找到引用源。~~。

步骤四：本地地图合并

在将本地地图合并成一幅全球地图时，需要使用网关节点，同一个网关节点在不同的集群内的坐标是不同的。全球地图是包含网络中所有节点坐标的地图，即由所有集群组成的地图，其中节点的坐标均为绝对坐标（经纬度坐标）。两个相邻的集群，选择其中包含节点个数多的一个作为主集群（ C_m ），则另一个被称作从集群（ C_s ）。主集群中所有成员节点的坐标称为绝对坐标，也就是所说的参考点，参考点越多，得到的全球地图坐标越精确，从集群中的成员节点的坐标则被称为相对坐标。从集群中所有的成员节点选用最佳的线性变换法（根据具体实况，选用最合适的线性变换法）将相对坐标转换成绝对坐标。最终，主集群中所有的成员节点（包括网关节点）将保持它们的坐标不变，而从集群中的节点被转换为以主集群内节点为参考点的新坐标。这两个集群结合为一个新集群后，再次与其它集群进行合并，直到所有集群都被包含进去，最终生成的包含所有节点坐标的集群地图称为全球地图。

具体的合并步骤分为如下三步：

4.1 n 个节点组成 m 个集群，从中任意选出 2 个相邻的集群 ~~错误!未找到引用源。~~和 ~~错误!未找到引用源。~~，~~错误!未找到引用源。~~， $i \neq j$ ，将其中节点数量多的作为主集群 C_m ，另一个作为从集群 C_s 。

4.2 将 C_m 中的节点坐标当做参考点， C_s 中的节点采用线性变换法将相对坐标变为绝对坐标，这样将两个集群合成一个集群 ~~错误!未找到引用源。~~， k 为此集群中包含的原有集群数量。

4.3 将 ~~错误!未找到引用源。~~作为 ~~错误!未找到引用源。~~，从剩余的 $m-k$ 个集群中选择一个与 ~~错误!未找到引用源。~~相邻的集群 ~~错误!未找到引用源。~~，再次执行第 4.1 步，直到 $k=m$ 为止。

给出一个二维坐标示意图，参考图 5，集群 a 和集群 b 各有一幅自己的本地

地图，节点 **错误!未找到引用源。** 在集群 a 中的相对坐标为(6,5)，节点 **错误!未找到引用源。** 在集群 b 中的相对坐标为(3,10)。在本地地图合并为全球地图时，集群 a 为主集群，集群 b 为从集群，那么全球地图中，集群 a 内节点的坐标均不变，即为参考点，集群 b 内节点则转换为绝对坐标，如图中节点 **错误!未找到引用源。** 保持坐标(6,5)，节点 **错误!未找到引用源。** 的坐标转换为(13,25)。