



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101359047 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 17

(21) 申请号 200810046191. X

CN 101187702 A, 2008. 05. 28,

(22) 申请日 2008. 09. 23

周贤伟; 王强; 覃伯平. 无线传感器网络节点定位算法的研究. 《传感器与微系统》. 2006, 第 25 卷 (第 3 期),

(73) 专利权人 西部矿业股份有限公司
地址 810001 青海省西宁市五四大街 52 号

审查员 张静

(72) 发明人 周贤伟 刘蕴络 周建 刘丽丽

(74) 专利代理机构 西宁金语专利代理事务所
63101

代理人 哈庆华

(51) Int. Cl.

G01S 5/14 (2006. 01)

H04L 12/28 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1953408 A, 2007. 04. 25,

CN 1694569 A, 2005. 11. 09,

WO 2008/034255 A1, 2008. 03. 27,

WO 2008/049170 A1, 2008. 05. 02,

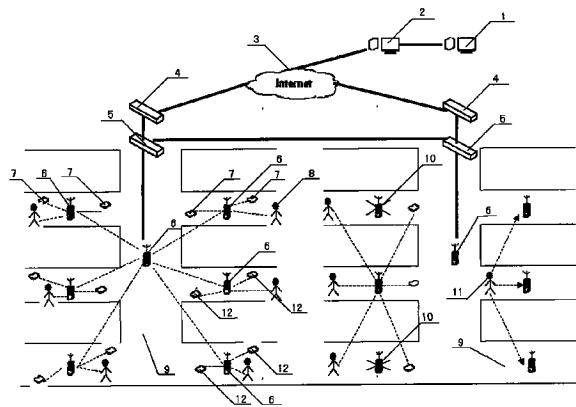
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

基于认知的井下无线定位方法

(57) 摘要

本发明涉及矿井下目标定位方法,具体地说是涉及一种基于认知的井下无线定位方法。本发明所述的定位方法包括如下步骤:1) 建立井上、井下有线、无线连接网络;2) 井下在固定节点中设置三维坐标即为信标节点;3) 通过认知测量信标节点和邻居节点之间的距离;4) 通过认知计算出到达三个或三个以上信标节点的距离后,通过认知计算未知节点的坐标;5) 通过移动认知对求得的节点的坐标进行求精,提高定位精度。本发明优点是采用认知的多次迁移和分布式计算以满足井下定位中高精度、低能耗、抗损坏的需要,同时利用移动节点的二维坐标和固定节点的三维坐标来达到移动节点的精确三维定位。



1. 一种基于认知的井下无线定位方法,包括网络管理中心(1)和地面调度中心(2)构成的管理层、路由器(4)和交换机(5)构成的数据交换层、无线调度通信终端(6)、井下固定节点(7)、井下移动节点(8)、巷道平面(9)、设备损坏能源耗尽站点(10)、能源耗尽服务迁移站点(11)、信标节点(12)、迁移信道(13)、主服务信道(14),其特征在于:所述的定位方法包括如下步骤:

1) 通过 INTERNET(3) 连接网络管理中心(1)、地面调度中心(2)、路由器(4)、交换机(5)和无线调度通信终端(6),在井下巷道平面(9)设置井下固定节点(7)和井下移动节点(8),建立井上、井下有线、无线连接网络;

2) 在井下固定节点(7)中设置三维坐标即为信标节点(12);

3) 通过认知测量信标节点(12)和井下移动节点(8)之间的距离;测量信标节点(12)到某个井下移动节点(8)之间的距离的主要方法是:从信标节点(12)发送一个包含自身位置信息和发送时间 t_1 的井下移动认知,接收认知的井下移动节点记录认知到达的时间 t_2 ,通过计算 $t_2 - t_1$ 得到认知从信标节点(12)移动过来的传播时间 t ;假设移动认知的传播速度是 v ,那么可以通过计算 $v \times t$ 得到信标节点(12)到某井下移动节点的距离 d ;所述的测量信标节点(12)到某个井下移动节点之间的距离的算法是在移动认知中设置两个计数器,一个用来记录认知的移动次数,设置其初始值为 a ;另一个是时钟计数器,设置其初始值为 b , $b > a$;让认知在信标节点(12)和某个井下移动节点之间来回移动;当认知开始移动的时候,时钟计数器便开始倒数计时;当认知到达井下移动节点的时候,移动次数计数器加 1;当时钟计数器中值减为 0 时,认知到达井下移动节点后不再移动;假设移动次数计数器中值为 n ,那么可以计算出移动认知从信标节点(12)传播到某井下移动节点的时间为 $t = (b - a) / n$,则可以计算出它们之间的距离为 $d = v(b - a) / n$;

4) 通过认知计算出到达三个或三个以上信标节点(12)的距离后,利用三边测量法或极大似然估计法通过认知计算未知节点的坐标;

5) 通过移动认知对求得的节点的坐标进行求精,提高定位精度。

2. 根据权利要求 1 所述的基于认知的井下无线定位方法,其特征在于:距离信息通过移动认知计算出节点的坐标;在一个二维坐标系中,已知未知节点到三个信标节点(12)的距离就可以唯一确定这个节点的坐标;因此,反复通过移动认知进行测距,测量出一个未知节点到三个信标节点的距离,就可以通过传递认知过程用三边测量法来计算其自身坐标。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的基于认知的井下无线定位方法,其特征在于:测量计算方法是多个信标节点(12)的认知进行多次测距计算,对得到的坐标求数学期望,从而得到较为精确的节点坐标;将该未知节点标识为新的信标节点(12),参与其他未知节点的定位计算。

4. 根据权利要求 1 所述的基于认知的井下无线定位方法,其特征在于:所述的定位方法是利用固定节点(7)的三维坐标,以认知中定位的距离为基础,定位未知节点在空间中的三维坐标;可以利用认知的多次迁移,多个节点间合作,求出唯一的三维坐标;设三个固定节点的三维坐标为 (a_1, b_1, c_1) 、 (a_2, b_2, c_2) 、 (a_3, b_3, c_3) ,一个移动节点的和三个固定节点间的距离为 x, y, z ;通过认知过程可以得到移动节点和固定节点间的距离 A, B, C ,得到移动节点的坐标。

5. 根据权利要求 4 所述的基于认知的井下无线定位方法,其特征在于:所述的定位方法说明当设备损坏能源耗尽站点(10)的能量耗尽,或设备有损时,通过迁移认知,将该站点坐标信息迁移到邻近节点进行运算。

6. 根据权利要求 1 所述的基于认知的井下无线定位方法,其特征在于:定位信息的迁移可以进行多次的迁移,能够容忍多节点的损坏,即在最坏情况下仍可以通过迁移信道(13)或主服务信道(14)向主服务器节点无线调度通信终端(6)迁移。

基于认知的井下无线定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及矿井下目标定位方法,具体地说是涉及一种基于认知的井下无线定位方法。

背景技术

[0002] 井下网络系统中的移动定位业务越来越受到广泛的关注,井下移动定位业务主要的应用包括有:井下人员位置定位,井下安全定位,井下个人服务定位,井下设备定位,井下交通定位,井下生产资料定位,井下矿产资源定位等。

[0003] 全球定位系统 GPS 是目前应用的最广泛最成熟的定位系统,它利用多颗高轨卫星,通过测量距离与距离变化率来确定用户的位置,具有定位精度高、实时性好、抗干扰能力强等优点,但是由于传感器网络中节点的数量非常多,因此人工部署和为所有节点安装 GPS 接收器来实现自身定位,成本太高。另外,传感器网络节点采用电池供电,能量有限,因此节点上不适宜装备高能耗的 GPS 设备。节点之间的无线通信所消耗的电能比其它部件所消耗的电能要大很多,所以要尽量减少节点之间的无线通信量,也不宜将大量的通信和计算固定于某个或者某些节点,否则,这些节点的电能会很快耗尽,在无线传感器网络中出现空穴。由于传感器网络的这些特点,在进行节点的自身定位时,要尽量采用分布式的定位算法,尽量延长传感器网络的生命期。

[0004] 目前提出的一些传感器网络节点的自身定位算法主要是利用传感器网络中少量已知自身位置的节点通过计算来获得其他未知节点的位置信息,主要有两类:基于距离 (Range-based) 的定位方法和不基于距离 (Range-free) 的定位方法。信标节点可以是被预先放置好的,也可以采用 GPS 或其他方法获取自己的位置信息。未知节点根据信标节点的位置信息计算出自己的位置。常用的定位方法是 Range-based 方法,这种方法需要先测量出节点之间的距离或角度信息,再通过数学方法计算出节点自身的位置。测量节点间距离或者角度信息时通常采用的方法有:TOA, TDOS, RSSI 和 AOA 等。TOA 的测距原理是已知信号的传播速度,根据信号的传播时间来计算节点间的距离,这种算法要求节点有非常精确的时钟,同时节点的硬件尺寸价格和功耗的限制也决定了这种方法适用于无线传感器网络;TDOA 的测距原理是发射节点同时发射两种不同传播速度的无线信号,接收节点根据两种信号的到达时间差以及已知这两种信号的传播速度来计算节点间的距离,这种方法受到超声波传播距离的限制和非视距问题对超声波信号传播的影响,不仅需要精确的时钟记录两种信号到达的时间差异,也需要传感器网络节点同时具备感知两种信号的能力;RSSI 的测距原理是已知发射节点的发射信号强度,接收节点根据接收信号强度计算传播损耗从而进行测距,这种方法受环境影响和信号模型的复杂性影响,给测距带来较大误差;AOA 的定位原理是接收节点通过特殊设备感知发射节点信号的到达方向,计算接收节点和发射节点之间的相对角度,从而进一步求得节点的位置,这种方法的硬件设备复杂并需要节点之间存在视距传输,因此也不适用于无线传感器网络。Range-free 定位方法无需测量距离或角度信息,仅根据网络的连通性等信息就可以实现节点的自身定位。这种方法降低了对节点

硬件的要求,在成本和功耗方面比 Range-based 方法具有优势,但定位的误差也相应有所增加。

[0005] 目前提出的算法主要有:质心算法、DV-Hop 算法、Amorphous 算法、API 算法等。质心算法首先确定包含未知节点的区域,计算这个区域的质心并将其作为未知节点的位置,该算法完全基于网络连通性,无需信标节点和未知节点之间的协调,容易实现,但是定位精度与信标节点的密度以及分布有很大关系,导致定位精度不高;DV-HOP 定位机制是未知节点首先计算与信标节点的最小跳数,然后估算平均每条距离,从而得到节点间的距离,再通过数学计算求得节点坐标。该方法对节点的硬件要求低,实现简单,但是利用跳段距离代替直线距离,定位误差较大;Amorphous 算法将节点的通信半径作为平均每跳距离,网络的扩展性差,对信标节点的密度要求较高,而且定位误差大;APIT 算法首先确定多个包含未知节点的三角形区域,这些三角形区域的交集是一个多边形,它确定了更小的包含未知节点的区域,然后计算这个多边形区域的质心,并将质心作为未知节点的位置,这种方法定位精度高,性能稳定,但是对网络的连通性提出了较高的要求。这些定位方法不能定位三维坐标或不能精确的定位三维坐标。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是针对现有技术中存在的不足,提供一种能够在目标节点损坏或能源耗尽情况下通过迁移到井下的固定装置或其它移动节点获知目标节点的三维坐标信息的基于认知的井下无线定位方法。

[0007] 本发明一种基于认知的井下无线定位方法通过下述技术方案予以实现:本发明一种基于认知的井下无线定位方法包括网络管理中心和地面调度中心构成的管理层、路由器和交换机构成的数据交换层、无线调度通信终端、井下固定节点、井下非固定节点、巷道平面、设备损坏能源耗尽站点、能源耗尽服务迁移站点,所述的定位方法包括如下步骤:

[0008] 1) 通过 INTERNET 连接网络管理中心、地面调度中心、路由器、交换机和无线调度通信终端,在井下巷道平面设置井下固定节点和井下移动节点,建立井上、井下有线、无线连接网络;

[0009] 2) 井下在固定节点中设置三维坐标即为信标节点;

[0010] 3) 通过认知测量信标节点和邻居节点之间的距离;

[0011] 4) 通过认知计算出到达三个或三个以上信标节点的距离后,利用三边测量法或极大似然估计法通过认知计算未知节点的坐标;

[0012] 5) 通过移动认知对求得的节点的坐标进行求精,提高定位精度。

[0013] 本发明一种基于认知的井下无线定位方法与现有技术相比较有如下有益效果:本发明提出了一种移动定位方法,采用认知的多次迁移和分布式计算以满足井下定位中高精度、低能耗、抗损坏的需要,同时利用移动节点的二维坐标和固定节点的三维坐标来达到移动节点的精确三维定位。井下环境根据是否移动分成移动和固定两类节点,通过认知选择最优的临近节点,包括移动和固定节点,通过移动节点的距离关系和固定节点的三维坐标关系,以及移动节点和固定节点之间的距离关系得到移动节点的三维坐标,通过使用认知技术,该认知不同于传统的过程调用,该认知技术不仅可以在可靠和不可靠的节点间传输,而且可以在本节点能源用尽或损坏的情况下选择最可靠的节点。该技术减少对服务器端的

请求,实现非中心化的定位,减少网络传输而直接面对要访问的服务器资源,从而避免了大量数据的网络传送,降低了系统对网络带宽的依赖。认知过程在多节点冗余迁移,保证在目的节点和源节点损坏的情况下仍然可以进行服务,从而也保证了在井下突发情况下仍然可以得到人员精确三维位置。

附图说明

[0014] 本发明一种基于认知的井下无线定位方法有如下附图:

[0015] 图 1 为本发明基于认知的井下无线定位方法系统结构示意图;

[0016] 图 2 为本发明基于认知的井下无线定位方法定位过程结构示意图;

[0017] 图 3 为本发明基于认知的井下无线定位方法利用固定节点定位移动未知节点在空间中的三维坐标图;

[0018] 图 4 为本发明基于认知的井下无线定位方法巷道通信无线定位示意图;

[0019] 图 5 为本发明基于认知的井下无线定位方法定位信息迁移示意图。

[0020] 其中:1、网络管理中心;2、地面调度中心;3、Internet;4、路由器;5、交换机;6、无线调度通信终端;7、固定节点;8、移动节点;9、巷道平面;10、设备损坏能源耗尽站点;11、能源耗尽服务迁移站点;12、信标节点;13、迁移信道;14、主服务信道;P1、P2、P3 为固定节点;S1、S2、S3 为移动节点。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图和实施例对本发明一种基于认知的井下无线定位方法技术方案作进一步描述。

[0022] 如图 1—图 5 所示,本发明一种基于认知的井下无线定位方法包括网络管理中心 1 和地面调度中心 2 构成的管理层、路由器 4 和交换机 5 构成的数据交换层、无线调度通信终端 6、井下固定节点 7、井下非固定节点 8、巷道平面 9、设备损坏能源耗尽站点 10、能源耗尽服务迁移站点 11、信标节点 12、迁移信道 13、主服务信道 14,所述的定位方法包括如下步骤:

[0023] 1) 通过 INTERNET3 连接网络管理中心 1、地面调度中心 2、路由器 4、交换机 5 和无线调度通信终端 6,在井下巷道平面 9 设置井下固定节点 7 和井下移动节点 8,建立井上、井下有有线、无线连接网络;

[0024] 2) 井下在固定节点 7 中设置三维坐标即为信标节点 12;

[0025] 3) 通过认知测量信标节点 12 和邻居节点 8 之间的距离;

[0026] 4) 通过认知计算出到达三个或三个以上信标节点 12 的距离后,利用三边测量法或极大似然估计法通过认知计算未知节点的坐标;

[0027] 5) 通过移动认知对求得的节点的坐标进行求精,提高定位精度。

[0028] 所述的测量信标节点 12 到某个邻居节点之间的距离的主要方法是:从信标节点 12 发送一个包含自身位置信息和发送时间 t_1 的移动认知,接收认知的邻居节点记录认知到达的时间 t_2 ,通过计算 t_2-t_1 得到认知从信标节点 12 移动过来的传播时间 t ;假设移动认知 8 的传播速度是 v ,那么可以通过计算 $v \times t$ 得到信标节点 12 到某邻居节点的距离 d 。

[0029] 所述的测量信标节点 12 到某个邻居节点之间的距离的算法是在移动认知 8 中设

置两个计数器,一个用来记录认知的移动次数,设置其初始值为 a ;另一个是时钟计数器,设置其初始值为 b ($b > a$);让认知在信标节点 12 和某个邻居节点之间来回移动;当认知开始移动的时候,时钟计数器便开始倒数计时;当认知到达邻居节点的时候,移动次数计数器加 1;当时钟计数器中值减为 0 时,认知到达邻居节点后不再移动;假设移动次数计数器中值为 n ,那么可以计算出移动认知 8 从信标节点 12 传播到某邻居节点的时间为 $t = (b-a)/n$,则可以计算出它们之间的距离为 $d = v(b-a)/n$ 。

[0030] 所述的距离信息通过移动认知 8 计算出节点的坐标:在一个二维坐标系统中,已知未知节点到三个信标节点 12 的距离就可以唯一确定这个节点的坐标;因此,反复通过移动认知进行测距,测量出一个未知节点到三个信标节点的距离,就可以通过传递认知过程用三边测量法来计算其自身坐标。

[0031] 所述的测量计算方法是通过多个信标节点的认知进行多次测距计算,对得到的坐标求数学期望,从而得到较为精确的节点坐标;将该未知节点标识为新的信标节点,参与其他未知节点的定位计算。

[0032] 所述的定位方法是利用固定节点 7 的三维坐标,以认知中定位的距离为基础,定位未知节点在空间中的三维坐标;可以利用认知的多次迁移,多个节点间合作,求出唯一的三维坐标;设三个固定节点的三维坐标为 (a_1, b_1, c_1) 、 (a_2, b_2, c_2) 、 (a_3, b_3, c_3) ,一个移动节点的和三个固定节点间的距离为 x 、 y 、 z ;通过认知过程可以得到移动节点和固定节点间的距离 A 、 B 、 C ,得到移动节点的坐标。

[0033] 所述的定位方法说明当待测移动节点 10 的能量耗尽,或设备有损时,通过迁移认知,将该节点坐标信息迁移到邻近节点进行运算。

[0034] 所述的定位信息的迁移可以进行多次的迁移,能够容忍多节点的损坏,既在最坏情况下仍可以通过迁移信道 13 或主服务信道 14 向主服务器节点无线调度通信终端 6 迁移。

[0035] 实施例 1。

[0036] 本发明解决的技术问题是提出一种基于认知的井下三维无线定位方法,井下环境根据是否移动分成移动和固定两类节点,通过认知选择最优的临近节点,包括移动和固定节点,通过移动节点的距离关系和固定节点的三维坐标关系,以及移动节点和固定节点之间的距离关系得到移动节点的三维坐标,通过使用认知技术,该认知不同于传统的过程调用,该认知技术不仅可以在可靠和不可靠的节点间传输,而且可以在本节点能源用尽或损坏的情况下选择最可靠的节点。该技术减少对服务器端的请求,实现非中心化的定位,减少网络传输而直接面对要访问的服务器资源,从而避免了大量数据的网络传送,降低了系统对网络带宽的依赖。认知过程在多节点冗余迁移,保证在目的节点和源节点损坏的情况下仍然可以进行服务,从而也保证了在井下突发情况下仍然可以得到人员精确三维位置。

[0037] 本发明方法包含以下的步骤:

[0038] (1) 建立井上井下网络环境;

[0039] (2) 将井下环境中各节点分成固定节点 7 和移动节点 8 即一个定位装置,将固定节点 7 的三维坐标确定。设计认知过程驻留到节点中。

[0040] (3) 散布一些信标节点 12,该信标节点 12 是用来确定其他节点位置的一个基准,从这些信标节点 12 开始,通过认知的自动发现功能,找到邻居节 8,计算它们的位置,然后

把已经确定位置的节点都作为信标节点 12, 继续发现并计算其他未知节点的位置, 最终对网络中所有未知节点进行自身定位。

[0041] (4) 利用固定节点 7 的三维坐标定位未知节点 8 的三维坐标。

[0042] (5) 在目标节点 10 或 11 损坏或能源耗尽前, 将该节点的坐标信息迁移到其他节点, 该节点可以是中心服务节点也可以是邻居节点, 如移动节点 8 或固定节点 7。

[0043] 如图 1 所示, 该井下定位系统分成 4 个层次, 分别为管理层次即地面调度中心 2 和网络管理中心 1、数据交换层即路由器 4 和交换机 5、无线调度通信终端 6、井下节点, 将井下节点分成固定节点 7, 例如大型机械设备、抽水排风设备和非固定节点 8, 预先设置固定节点的三维坐标到固定节点 7 中。在正常情况下无线移动节点 8 和固定节点 7 可以通过无线通信终端 6 和主服务器即地面调度中心 2、网络管理中心 1 进行联系, 如图中左边的巷道。在终端设备发生损坏的情况下, 移动节点选择最近的节点进行联系; 在移动节点能源即将耗尽情况下, 迁移服务信息到多个固定节点设备或无线终端设备上, 如图中的右边巷道。

[0044] 无线传感器网络的众多节点中, 首先预先散布一些信标节点 12, 从这些信标节点 12 开始, 通过认知的自动发现功能, 找到邻居节点, 计算它们的位置, 然后把已经确定位置的节点都作为信标节点 12, 继续发现并计算其他未知节点的位置, 最终对网络中所有未知节点进行自身定位。

[0045] 具体基于认知的自身定位过程包括选择、吸收、操作和使用信息, 在选择过程中固定节点和移动节点自动寻找最近范围内的有用无线传感器终端节点, 当物理范围最近无线传感器终端节点出现损坏, 选择下一个次邻接节点。在吸收过程中井下固定节点吸收移动节点的信息, 将移动节点中的信息迁移到固定节点进行操作, 按照需要返回源移动节点或提交地面中心节点。

[0046] 如图 2 在节点的操作过程中包含三个过程, 分别是测距、定位和修正等三个连续阶段在测距阶段中, 通过认知测量信标节点 12 和邻居节点 8 之间的距离; 在定位阶段中, 未知节点在计算出到达三个或三个以上信标节点 12 的距离后, 利用三边测量法或极大似然估计法通过认知计算未知节点的坐标; 在修正阶段中, 通过移动认知对求得的节点的坐标进行求精, 提高定位精度, 减少误差。

[0047] 测量信标节点 12 到某个邻居节点 8 之间的距离的主要方法是: 从信标节点 12 发送一个包含自身位置信息和发送时间 t_1 的移动认知, 接收认知的邻居节点记录认知到达的时间 t_2 , 通过计算 $t_2 - t_1$ 得到认知从信标节点 12 移动过来的传播时间 t ; 假设移动认知的传播速度是 v , 那么可以通过计算 $v \times t$ 得到信标节点 12 到某邻居节点的距离 d 。

[0048] 但是考虑到移动认知的传播速度比较快, 为了得到比较精确的传送时间, 将上述算法进行改进。在移动认知中设置两个计数器, 一个用来记录认知的移动次数, 设置其初始值为 a ; 另一个是时钟计数器, 设置其初始值为 $b (b > a)$ 。让认知在信标节点 12 和某个邻居节点之间来回移动。当认知开始移动的时候, 时钟计数器便开始倒数计时; 当认知到达邻居节点的时候, 移动次数计数器加 1; 当时钟计数器中值减为 0 时, 认知到达邻居节点后不再移动。这时假设移动次数计数器中值为 n , 那么可以计算出移动认知从信标节点 12 传播到某邻居节点的时间为 $t = (b - a) / n$, 则可以计算出它们之间的距离为 $d = v(b - a) / n$ 。

[0049] 测距过程完成后, 就要利用这些距离信息通过移动认知计算出节点的坐标。在一个二维坐标系中, 已知未知节点到三个信标节点的距离就可以唯一确定这个节点的坐

标。因此,反复通过移动认知进行测距,测量出一个未知节点到三个信标节点的距离,就可以通过传递认知过程用三边测量法来计算其自身坐标。为了使节点的定位更为精确,可以通过多个信标节点的认知进行多次测距计算,对得到的坐标求数学期望,从而得到较为精确的节点坐标。此时,可以将该未知节点标识为新的信标节点,参与其他未知节点的定位计算。

[0050] 如图 3 示,利用固定节点 7 的三维坐标,以认知中定位的距离为基础,定位未知节点在空间中的三维坐标。可以利用认知的多次迁移,多个节点间合作,求出唯一的三维坐标。设三个固定节点的三维坐标为 (a_1, b_1, c_1) 、 (a_2, b_2, c_2) 、 (a_3, b_3, c_3) , 一个移动节点的和三个固定节点间的距离为 x, y, z 。通过认知过程可以得到移动节点和固定节点间的距离 A, B, C 。可以得到移动节点的坐标。

[0051] 如图 4 所示,当待测移动节点的能量耗尽,或设备有损时,通过迁移认知,将该节点坐标信息迁移到邻近节点进行运算。

[0052] 如图 5 所示,定位信息的迁移可以进行多次的迁移,能够容忍多节点的损坏,既在最坏情况下仍可以通过迁移信道 13 或主服务信道 14 向主服务器节点即无线调度通信终端 6 迁移。

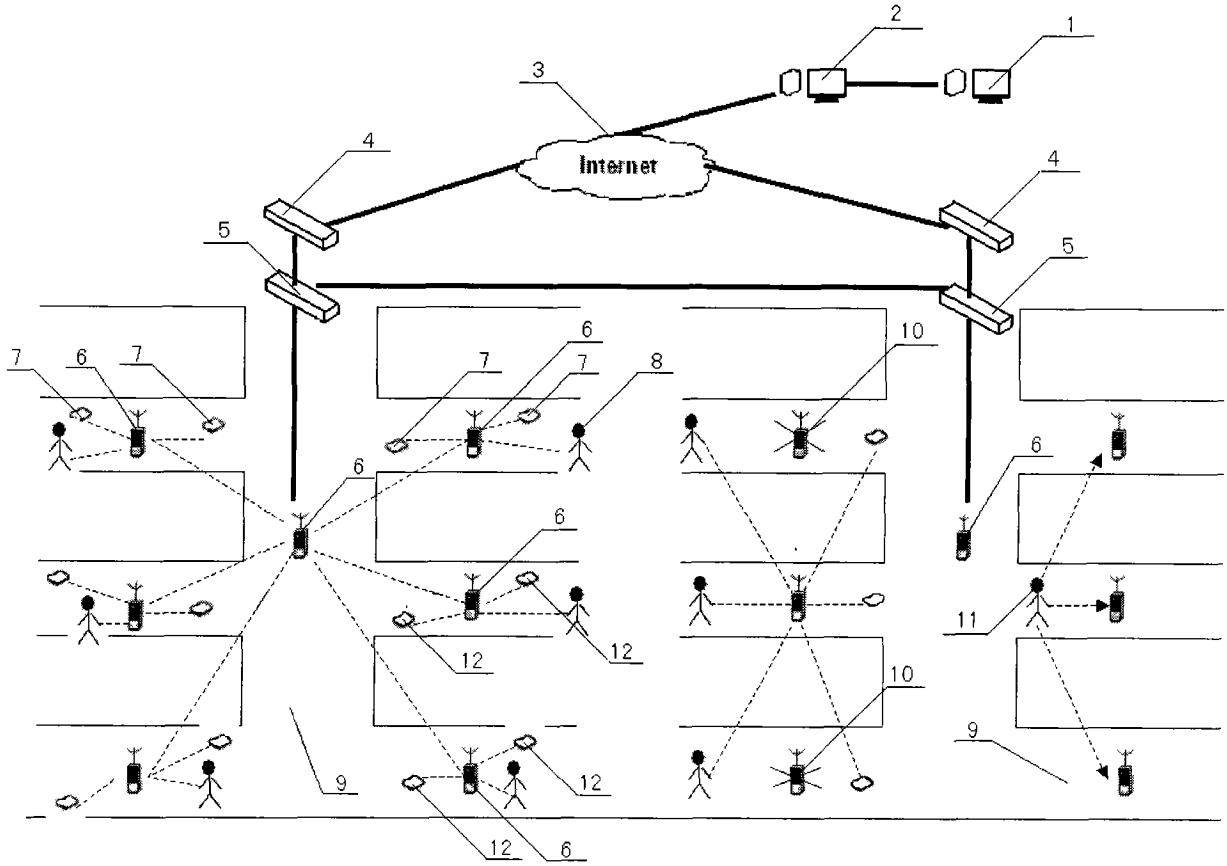


图 1

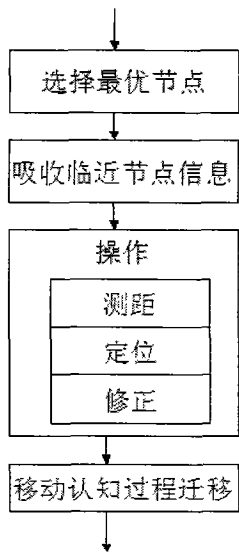


图 2

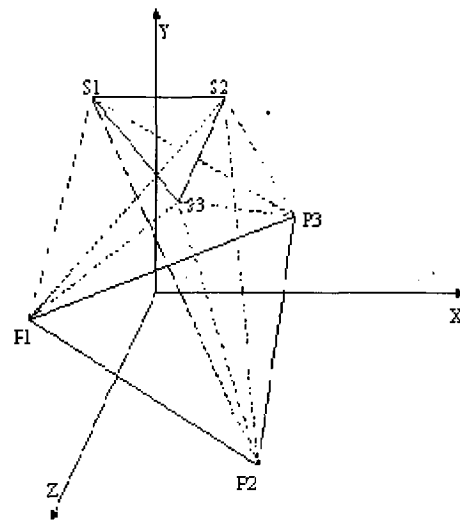


图 3

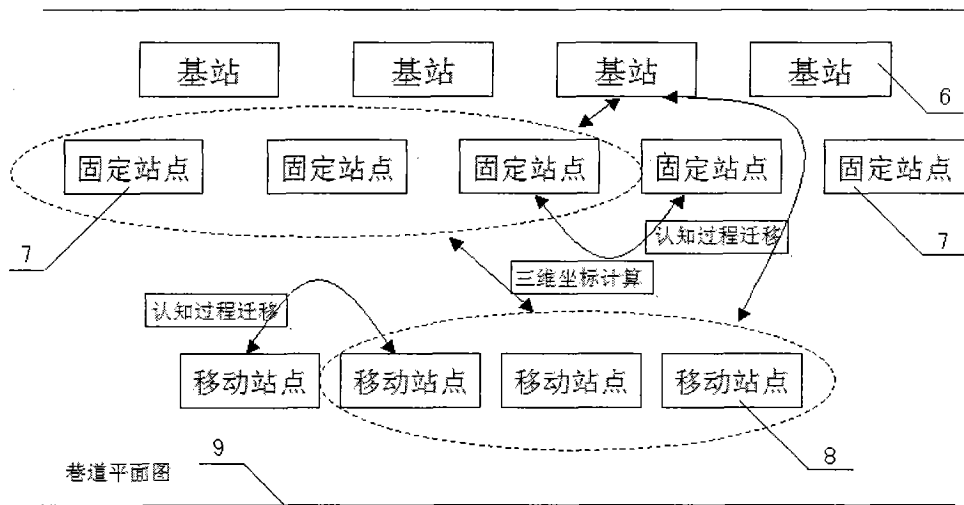


图 4

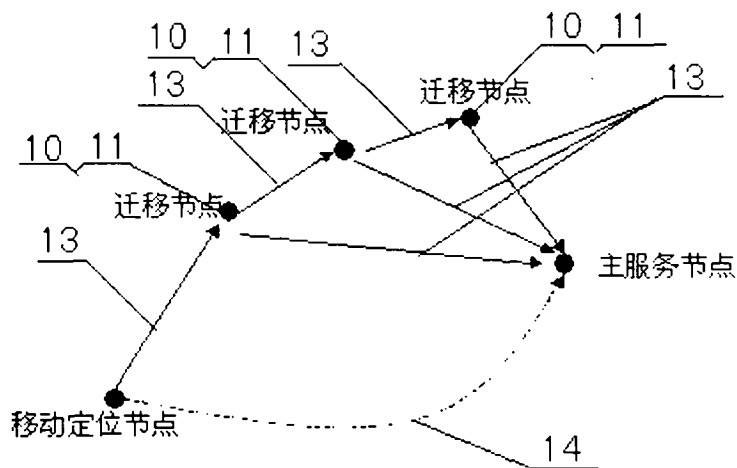


图 5