



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101187702 B

(45) 授权公告日 2011.03.30

(21) 申请号 200710171812.2

CN 2929838 Y, 2007.08.01,

(22) 申请日 2007.12.06

CN 101051079 A, 2007.10.10, 附图 1.

(73) 专利权人 上海大学

WO 2005003875 A1, 2005.01.04, 附图 6.

地址 200444 上海市宝山区上大路 99 号
专利权人 华瑞科学仪器(上海)有限公司

孙瑜. 射频识别(RFID)室内定位算法研究. 中国优秀博硕士学位论文全文数据库(硕士)信息科技辑. 2005, 全文.

(72) 发明人 施惠昌 沈明华 赵佐平 田金鹏

审查员 李晓惠

(74) 专利代理机构 上海上大专利事务所(普通合伙) 31205

代理人 何文欣

(51) Int. Cl.

G01S 5/02(2010.01)

H04W 4/02(2009.01)

H04W 84/18(2009.01)

(56) 对比文件

CN 1953408 A, 2007.04.25, 全文.

CN 1694569 A, 2005.11.09, 说明书第 2 页第 15 行 - 第 3 页 15 行, 附图 1-4.

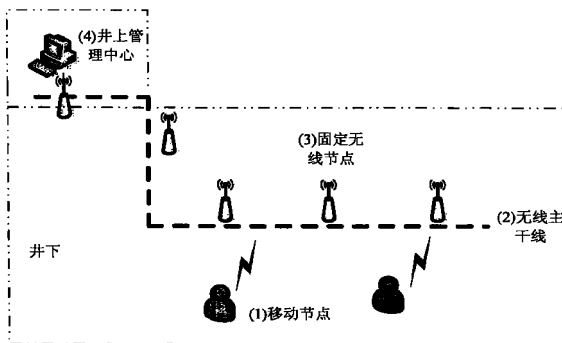
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

井下煤矿人员实时无线定位方法

(57) 摘要

本发明涉及一种井下煤矿人员实时无线定位方法。本方法包括:(1)基于无线节点射频信号强度的分布式实时定位方案;(2)在矿井坑道内固定信标节点的布设方法;(3)RSSI值与实际距离之间的转换方法。本发明可广泛应用于各种矿井监测系统,方便实施对井下人员等移动目标进行跟踪监控,以保证安全生产,特别是当有意外发生之后,可以根据所存储的意外发生前的历史数据,对井下人员进行有针对性的搜救,降低事故所造成的损失。同时该发明也有利于矿井管理人员进行工作调度,以提高整个矿区的监督管理水平和工作效率。



1. 一种井下煤矿人员实时无线定位方法,其特征就在于采用移动节点与信标节点相互配合,移动节点置于矿工所戴矿帽的内部,在矿井坑道内固定信标节点,定位算法在移动节点上运行,定位算法采用基于无线节点射频信号强度的分布式实时定位方法,从而产生较为准确的定位结果,并利用无线网络传输至井上数据库进行存储;所述的基于无线节点射频信号强度的分布式实时定位方法为坑道内一维定位算法,具体步骤如下:

a. 以收到的信标节点的数据填写二维矩阵,第一行为所收到的信标节点的 X 坐标值,第二行为该待测移动节点与所收到信标节点之间的距离值,该值从接收信号功率指标 RSSI 值换算得来,该二维矩阵的列数即为该待测移动节点所能接收到的信标节点总数;

b. 按照上述二维矩阵中所有 X 坐标的大小对二维矩阵进行从小到大的重新排序,并将对应的距离值也做相应的排序;

c. 作误差函数:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (|X - x_i| - d_i)^2,$$

上式中 E 为平均误差值, N 为接收到的信标总数, x_i 为信标坐标, d_i 为信标与待测移动节点距离值, X 即为所要求解的待测移动节点坐标值;

为使平均误差值 E 最小,则对误差函数求导后

$$\text{令 } \frac{dE}{dX} = 0 \text{ 则有: } X = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N x_i + \sum_{i=1}^N \frac{d|X - x_i|}{dX} d_i \right)$$

d. 对出现在应有范围之外的解,取所有能够接收的信标节点坐标值,代入误差函数,取使 E 函数最小的信标节点坐标值作为 X 的估计值;因为极小值在定义域外的情况说明极值点应该在信标节点上;

e. 对估计 X 坐标作以 0.5 为权值与前一次计算的 X 坐标作线性滤波,从而得到待测节点的最终估计 X 坐标值。

2. 根据权利要求 1 所述的井下煤矿人员实时无线定位方法,其特征就在于所述的在矿井坑道内固定信标节点的布设方法是根据掘井面的坑道的自身特点,信标节点只能布设在挖煤坑道的支撑面一侧,但不能紧贴坑道壁布设,每隔有效距离放置一个,保证在一个节点通信范围内至少能够有两个节点与它进行通信。

3. 根据权利要求 2 所述的井下煤矿人员实时无线定位方法,其特征就在于对井下转角处的定位方法是:在坑道转角布设两个小功率信标节点,用于检测定位切换,并且实现切换方向的判定,所设置的功率很小,通信距离只有 5m,能够参与整个路由协议的维护,但是并不参与定位;对于转角处的定位切换包括以下几个方面规定:

a. 由于两个小功率信标节点的功率很小以至于稍远的地方就收不到其发出的信号,只有当移动节点靠近时候,才能正常接收到这两个节点的信号,即当移动节点移动到直线坑道边缘处,才会接收到这两个节点的信号;

b. 两个直线坑道的定位分别设为 X 向和 Y 向,当移动节点到达 X、Y 向定位转角的时候会根据接收这两个小功率信标节点的顺序决定自己的切换是否发生以及切换的方向;

c. 当移动节点只收到两个小功率信标节点中一个节点的信号时,并不进行坐标与定位的切换,所有的切换必须在收到两个节点之后进行;

d. 仅当按一定顺序收到这两个信标节点信息时,才将从 X 向切换到 Y 向,反之则由 Y 向切换到 X 向。

4. 根据权利要求 1 所述的井下煤矿人员实时无线定位方法,其特征在于所述的接收信号功率指标 RSSI 与实际距离之间的转换方法是:当无线节点功率设为 -10dbm 时, RSSI 寄存器十进制读取值与实际距离之间的转换关系用分段线性化曲线来表示;经过实验数据整理分析以后,在可测范围内形成一张 RSSI 寄存器十六进制读取值与实际距离的对应关系表如下:

RSSI 值(十六进制)	EC	EB	EA	E9	E8	E7	E6	E5	E4	E3
对应距离值(米)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
RSSI 值(十六进制)	E2	E1	E0	DF	DE	DD	DC	DB	DA	D9
对应距离值(米)	15	16	17	18	19	20	22	25	27	30

井下煤矿人员实时无线定位方法

技术领域

[0001] 本发明属于无线传感器网络定位技术领域,特别是一种针对井下煤矿环境进行移动人员实时无线定位的方法。

背景技术

[0002] 近几年以来,煤矿爆炸、塌方事件屡屡发生,如何保障矿井以及在煤矿中工作的矿工们的安全,这个问题越来越体现其重要性,对煤矿瓦斯灾害,井下监测系统基础研究变得非常必要,我国在这方面也加大了科技投入,力求能有所突破。

[0003] 我国煤矿井下地质条件非常复杂,矿井巷道长可达几十千米,工作环境恶劣,作业点分散,随采掘工作面的推进,采煤机电设备和人员流动性大。安装各种传感器、布设电缆困难很大,即使依靠电缆传输信息,由于井下地面潮湿,电缆也会腐蚀严重,整个系统的可靠性较差,维护困难。由于定位区域在井下使得如 GPS(Global Positioning System,全球定位系统)这些目前最著名精度最高的定位方式无用武之地。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种针对井下煤矿环境进行移动人员实时无线定位的方法。该方法需要移动节点与信标节点相互配合,移动节点置于矿工所戴矿帽内部,定位算法由移动节点分布式实现,从而产生较为准确的定位结果,并利用无线网络传输至井上数据库进行存储。一旦有意外事故发生,就能够根据数据库中记录的定位历史记录,迅速开展搜救工作,由于定位较准确,会大大加快救援的进度,减少事故带来的损失。

[0005] 为达到上述目的,本发明的构思是:

[0006] 本发明包括:(1)基于无线节点射频信号强度的分布式实时定位方法;(2)在矿井坑道内固定信标节点的布设方法;(3)RSSI与实际距离之间的转换方法。

[0007] (1)基于无线节点射频信号强度的分布式实时定位方法

[0008] 本发明中井下的组网采用三种节点:2.4GHZ信标节点,2.4GHZ移动节点,433MHZ数据传输节点。2.4GHZ信标节点自身的位置事先固定好,坐标也事先设定好,在进行实时定位时,信标节点在路由维护的同时也将自己的位置信息作为数据包的一部分,向周围节点发送,同时2.4GHZ信标节点要负责对接收到移动节点发来的坐标位置的进行转发;定位算法在2.4GHZ移动节点上运行,计算得到的定位结果将发送给路由中确定的上级节点;433MHZ数据传输节点主要负责将井下数据进行长距离的传送,鉴于坑道事故主要发生在掘进面处,在433MHZ区域内将不对井下人员实施定位,只在进入矿井口的地方,做一定的出入检测。

[0009] 由于定位的区域长宽比例相差较大,采用直线型的一位定位能够得到较准确的定位结果,且能满足传感器节点本身的计算能力以及能耗方面的要求。对于每一段直线坑道采用一维算法定位,而为了解决坑道转角时候出现的一维切换问题,在转角处特别设置两个发射功率很小的信标节点用于检测是否出现切换,并且测定切换的方向。

[0010] (2) 在矿井坑道内固定信标节点的布设方法

[0011] 经勘查,掘进面的坑道具有自己的特点,其主要是呈“U”字形,距地表深度也有几十米至上百米,两边的运煤通道长可达几公里,而中间挖煤坑道的实际长度从 200 ~ 500m 不等,宽度则相对比较窄,只有 10-20m。对井下监测而言,挖煤坑道容易发生矿难、塌方的地方,即需要实时定位的区域。在信标点布设的时候,煤层的一边基本无法布点,因此,信标点只能布设在坑道的靠近支撑的一侧信标点只能放在靠近支撑的一侧,使得进行二维以上定位的定位算法无法使用。

[0012] 信标点除了靠近支撑面布设之外,也不能将节点紧贴坑道墙面放置,因为根据实际实验,当无线节点紧贴墙面时,由于电磁波墙面反射等等影响,使得无线传播特性严重偏离了常规理论特性,使得整个定位方案无法正常运行。

[0013] (3)RSSI 与实际距离之间的转换方法

[0014] 很多无线收发芯片都具有接收信号功率指标 RSSI (Received Signal Strength Indicator),通过实验,调节无线收发芯片的发射功率,测定其 RSSI 值与实际距离之间的关系,形成具体的转换曲线与方法。将该转换方法应用于定位方案中,可以简单快速地获得两个无线节点之间的距离。

[0015] 本发明与现有技术相比较,具有如下显而易见的突出实质性特点和显著优点:本发明的方案根据坑道的具体特点以及所使用无线节点的具体情况,提出了可行的井下定位算法,信标节点的井下布设方案,并且能够在移动人员的实时跟踪定位中取得了较为准确的结果,同时根据 RSSI 与实际距离之间的转换关系的测定,也为其他的无线应用提供了一定的理论和实践基础。该发明可以广泛应用于各种矿井的井下移动人员或设备的实时定位,能相当程度上地提高矿区的管理水平,在意外事故发生时,提供历史数据以供救援所需,大大减少了事故造成的损失。

附图说明

[0016] 附图 1 为井下无线定位示意图;

[0017] 附图 2 为定位算法实现的流程图;

[0018] 附图 3 为井下坑道内信标点布设以及转角处定位切换示意图;

[0019] 附图 4 为 RSSI 与实际距离之间的分段线性化转换曲线 (10dbm)。

具体实施方式

[0020] 本发明的一个优选实施例结合附图详述如下:

[0021] 参见图 1,本井下煤矿人员实时无线定位方法如下:采用的无线传感路由网络系统由 (1) 移动节点、(2) 无线主干线、(3) 固定无线节点、(4) 井上管理中心四部分组成。移动节点与信标点进行信息交互,利用数据包记载的信标点的位置信息,在移动节点上运行定位算法,实现分布式定位,将定位位置加载到数据包上通过无线主干线传输至井上管理中心,所有传输过程通过无线方式进行。管理中心的主要作用是接收移动节点的位置信息,并将其存储到自己的数据库当中,以便在意外发生时取出,方便救援工作的进行。

[0022] 本方法中所有定位信息数据包的传输均建立在路由维护信息能够正常传送的基础上,实际上是在路由包中开辟出一段数据段专门用来存放,移动节点的更新位置信息,这

样同时也能够减小网络的通信开销。在定位实施前,所有节点均已进行了区别号码的编制,每个节点都拥有属于自己的一个号码。

[0023] 图 2 示出节点定位算法实现的流程,考虑到传感器计算能力,能耗等方面的限制,以及坑道本身长宽比例相差悬殊的特点,在本方法中对直线坑道使用了一维的定位算法,算法的运行位置在移动节点上,移动节点定时接收上级信标节点发来的数据包,计算得到的位置再转发给自己的上级节点。算法步骤如下:

[0024] 1、以收到的信标节点的数据填写二维矩阵,第一行为所收到的信标节点的 X 坐标值,第二行为该待测移动节点与所收到信标节点之间的距离值,该值从 RSSI 值根据上节所述关系换算得来。矩阵列数即为该待测移动节点所能接收到的信标总数。

[0025] 2、按照矩阵中所有 X 坐标得大小对矩阵进行从小到大的重新排序,并将对应的距离值也做相应的排序。

[0026] 3、作误差函数:

$$[0027] \quad E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (|X - x_i| - d_i)^2$$

[0028] 上式中 E 为平均误差值, N 为接收到的信标总数, x_i 为信标坐标, d_i 为信标与待测移动节点距离值, X 即为所求解的待测移动节点坐标值。

[0029] 为使平均误差值 E 最小,则对误差函数求导:

$$[0030] \quad \frac{dE}{dX} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N (|X - x_i| - d_i) \cdot \frac{d|X - x_i|}{dX}$$

[0031] 令 $\frac{dE}{dX} = 0$ 则有:

$$[0032] \quad X = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N x_i + \sum_{i=1}^N \frac{d|X - x_i|}{dX} d_i \right)$$

[0033] 对于不同区间,若 $X > x_i$,则 $\frac{d|X - x_i|}{dX} = 1$;

[0034] 若 $X < x_i$,则 $\frac{d|X - x_i|}{dX} = -1$;

[0035] 4、对出现在应有范围之外的解,取所有能够接收的信标节点坐标值,代入误差函数,取使 E 函数最小的信标节点坐标值作为 X 的估计值。因为极小值在定义域外的情况说明极值点应该在信标节点上。

[0036] 5、对估计 X 坐标作以 0.5 为权值与前一次计算坐标作线性滤波,从而得到待测节点的最终估计 X 坐标值。

[0037] 图 3 示出井下坑道内信标节点布设以及转角处定位切换,根据掘井面的坑道的自身特点,信标节点只能布设在挖煤坑道的支撑面一侧,以 200m 长,10m 宽的坑道为例,节点通信范围应设为大于两个信标节点间距的距离,这样是为了保证路由的冗余性,同时也保障了在有节点出现故障时候,实时定位的结果仍然能够通过网路的备份路由传送到井上。假设,两个信标点之间的距离为 10m,即每隔 10 米放置一个信标节点,则节点的通信范围应

设为 20m-30m, 这样就能保证数据链路的畅通。这里还要考虑一点, 信标点不能紧贴坑道壁, 需要稍微离开一点距离布设, 这是因为在实验当中发现, 当信标点直接贴着墙面放置时, 其无线的射频特性会严重偏离常规理论特性: 发射、接收信号时有时无, 即使接收到信号, 抖动也非常的严重, 根本无法用 RSSI 进行于实际距离之间的转换。从理论上分析这一现象, 主要是由于墙面的电磁反射, 散射等效应, 使得 2.4GHZ 的射频信号受到严重的干扰。

[0038] 除了在直线坑道内布设信标节点, 在转角处布设如图 3 所示的 (1) (2) 两个小功率信标节点, 专门用于检测定位切换, 并且实现切换方向的判定。这两个节点所设置的功率很小, 通信距离只有 5m, 它能够参与整个路由协议的维护, 但是并不参与定位, 因为定位需要根据统一化的标准进行 RSSI 与实际距离的转换, 这两个节点通信范围小于其他信标节点, 不能参与定位。对于转角处的定位切换可包括以下几个方面规定:

[0039] 1、由于两个特殊节点的功率很小以至于稍远的地方就收不到其发出的信号, 只有当移动节点靠近时候, 才能正常接收到这两个节点的信号, 即当移动节点移动到直线坑道边缘处, 才会接收这两个节点的信号。

[0040] 2、两个直线坑道的定位分别设为 X 向和 Y 向, 当移动节点到达 X, Y 向定位转角的时候会根据接收这两个小功率节点的顺序决定自己的切换是否发生以及切换的方向。

[0041] 3、当移动节点只收到两个小功率节点中一个的信号时, 并不进行坐标与定位的切换, 所有的切换必须在收到两个节点之后进行。

[0042] 4、仅当移动节点顺序收到 (1)、(2), 则表示定位将从 X 向切换到 Y 向, 反之则由 Y 向切换到 X 向。

[0043] 图 4 示出无线节点功率设为 -10dbm 时, RSSI 寄存器读取值 (十进制) 与实际距离之间的转换曲线。由于从寄存器中读取的数据为十六进制的, 但为了方便转换曲线的绘制, 在图 4 作已经对十六进制数做了十进制的转化。在 CC2420 无线收发芯片中自带了一个 RSSI (Received Signal Strength Indicator), 即接收信号功率指标, 通过对该指标的分析, 可以在无线收发当中得到与发送方的距离值。RSSI 值可由 RSSI_RSSI_VAL 寄存器读出, 它是一个 8bit 的数值。对于该数值, 是在接收方连续经过 8 个符号周期 (128 μ s), 并由 8 位的 AD 转换后, 再对 RSSI 值进行平均得到的结果。

[0044] 接收功率可由下式进行计算:

$$[0045] \quad P = \text{RSSI_VAL} + \text{RSSI_OFFSET} [\text{dBm}]$$

[0046] 其中 RSSI_VAL 是 8bit 的数字值, 而 RSSI_OFFSET 是一个偏移量, 根据系统开发经验, Chipon 给的该偏移值是 -45dBm, 即如果由 RSSI 得到的是 -15dbm 的话, 则实际的射频输入功率大约是 -60dBm。然而无线传输毕竟有其明显的不稳定性, 节点放置高度、周围环境、收发天线的方向等都会影响 RSSI 的值。根据加州大学伯克利分校, 电子工程与计算机科学系所公布的实验数据, 在室外的时候通常 RSSI_OFFSET 这个偏移量不是 -45dBm, 需要具体现场测试并加以校正。

[0047] 向 TXCTRL_PA_LEVEL 寄存器写入值可以调整传感器节点的通信范围, 本方案中设置无线节点发射功率为 -10dBm, 根据实验数据, 距离发送点 2m 以内的节点收到的 RSSI 基本都是 0X80 以下的值, 距离发送点 2m 以外的节点收到的 RSSI 基本是 0X80 以上的值, 在距离为 40 米左右时, 信号衰减严重, 以致基本无法正常接收。以测得的数据作曲线拟合, 基本符合自然对数的分布规律, 对曲线分段线性化后得到 RSSI 值与距离的对应关系, 如图 4。由于

在实际测量中,所有的数据均采用整数化、数字化处理,这使得转换关系能够更加简化,在此本方案也提供了一张在可测范围之内的 RSSI 值与实际距离对应的数据表以供参考,如表 1 所示。

[0048] 表 1 可测范围内部分 RSSI 值与实际距离的对应表

[0049]

RSSI 值 (十六进制)	EC	EB	EA	E9	E8	E7	E6	E5	E4	E3
对应距离值 (米)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
RSSI 值 (十六进制)	E2	E1	E0	DF	DE	DD	DC	DB	DA	D9
对应距离值 (米)	15	16	17	18	19	20	22	25	27	30

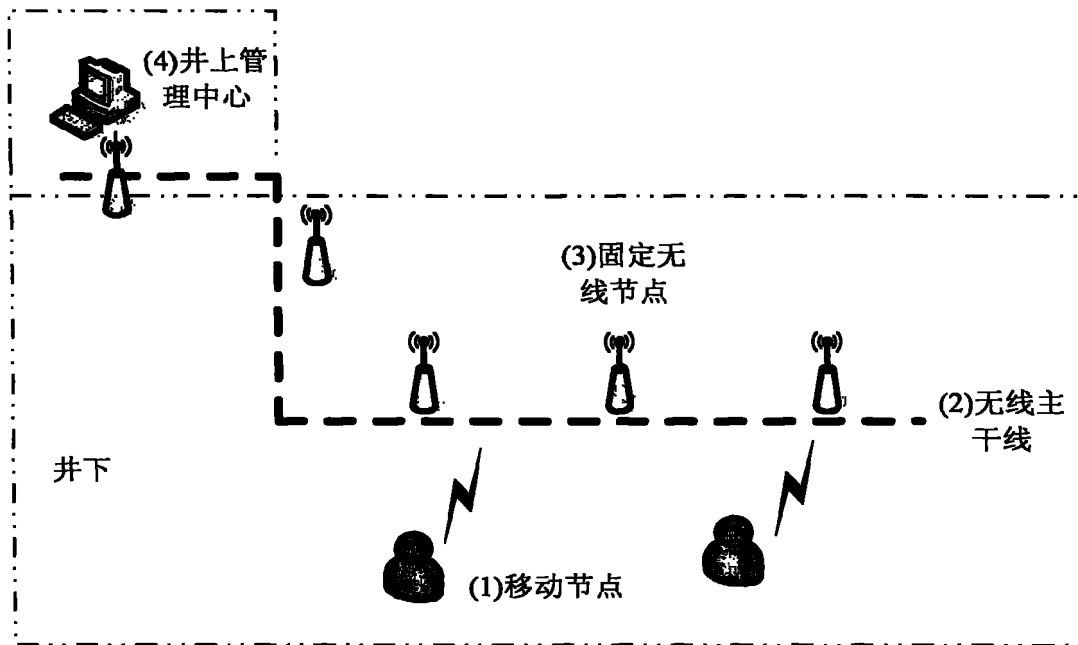


图 1

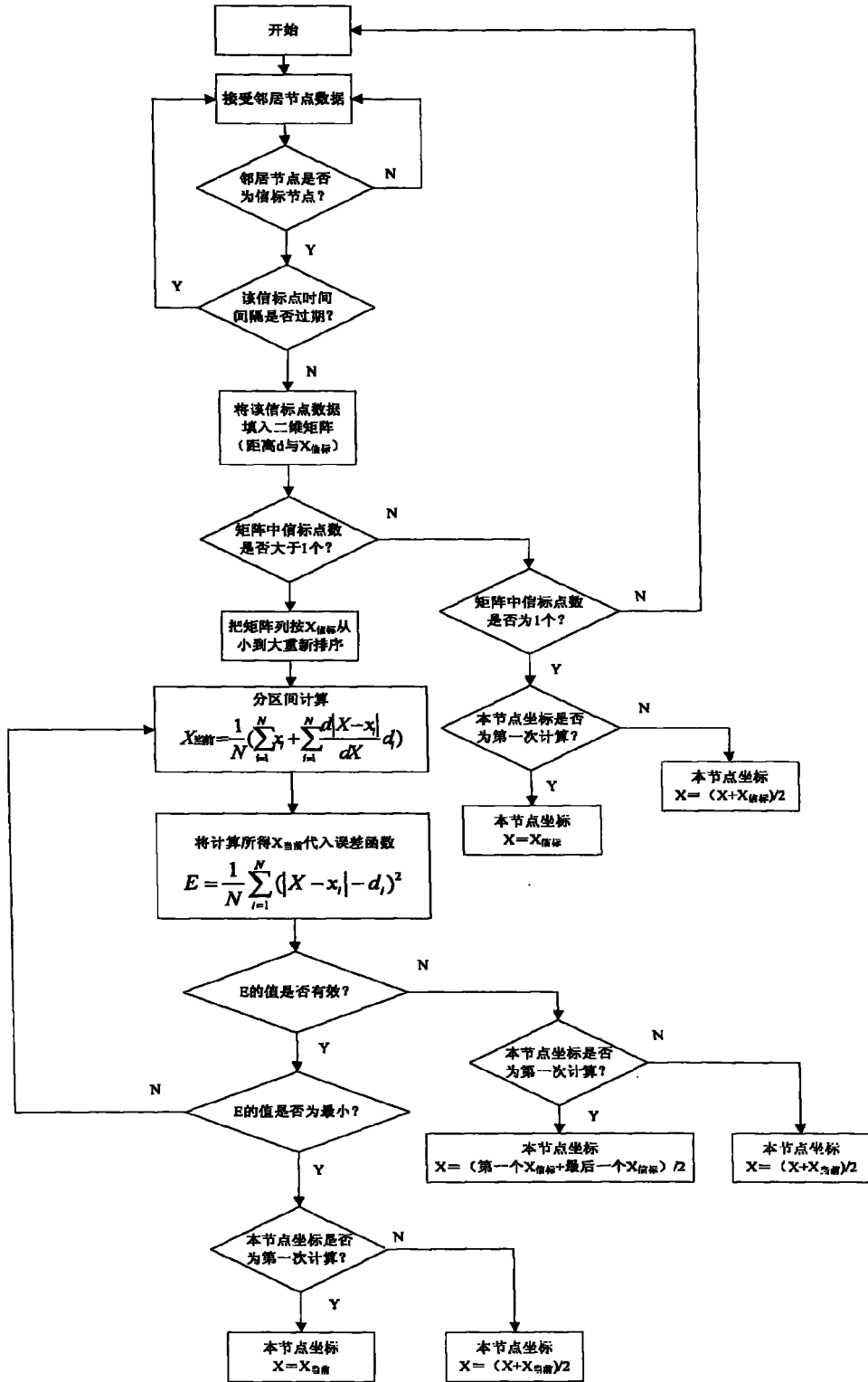


图 2

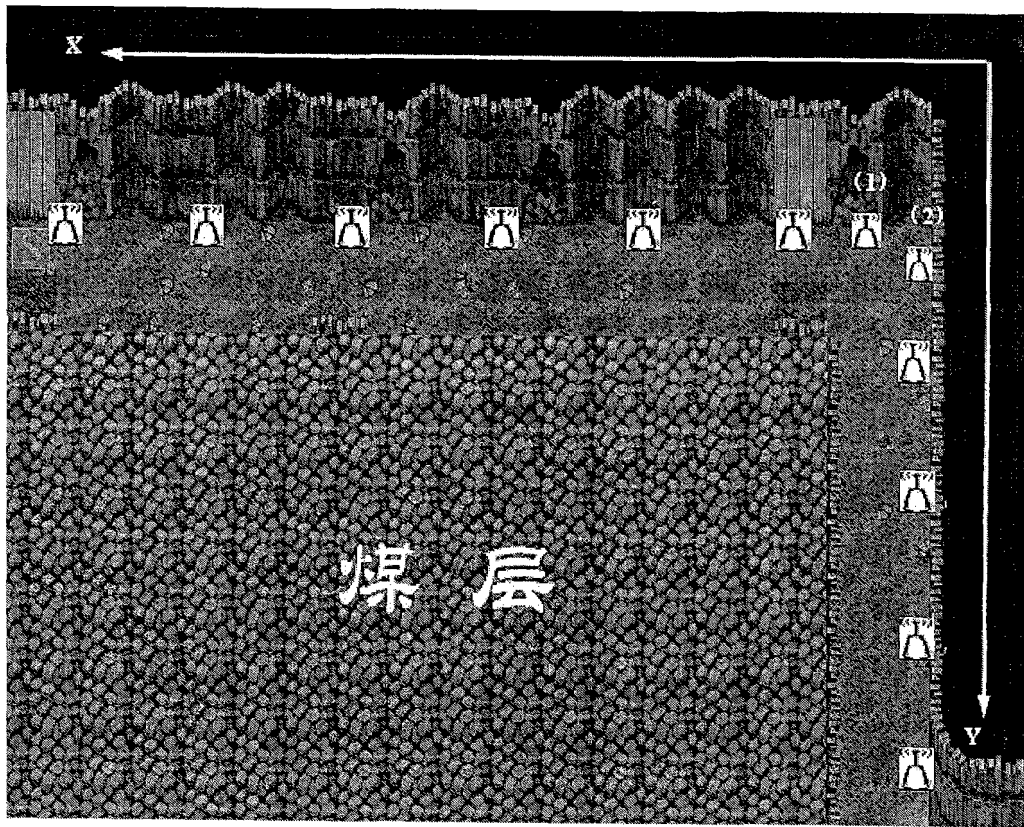


图 3

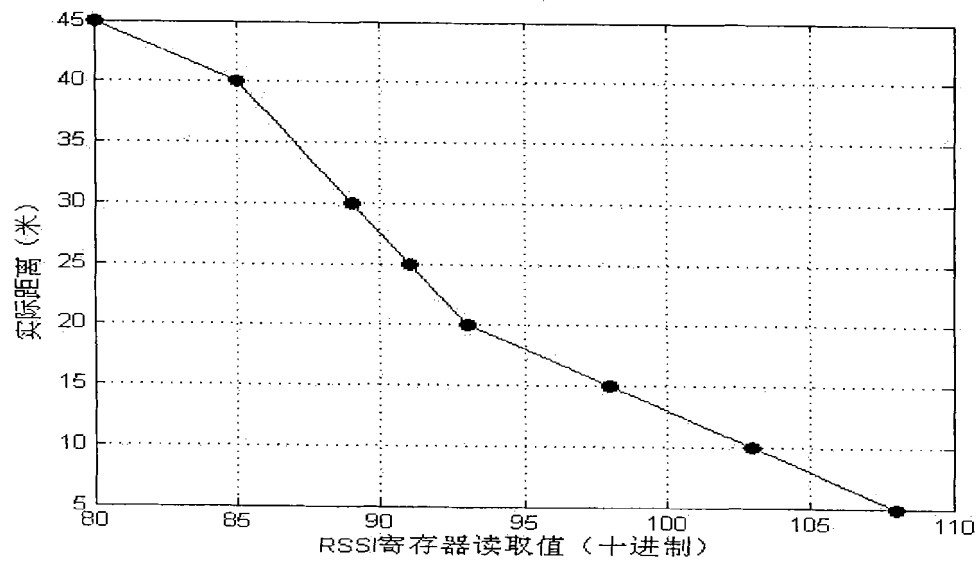


图 4