



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109375168 A

(43)申请公布日 2019.02.22

(21)申请号 201811368103.8

(22)申请日 2018.11.16

(71)申请人 华南理工大学

地址 511458 广东省广州市南沙区环市大道南路25号华工大广州产研院

(72)发明人 林永杰 黄紫林 赵胜 许伦辉 唐善宇

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 何淑珍 江裕强

(51)Int.Cl.

G01S 5/14(2006.01)

H04W 64/00(2009.01)

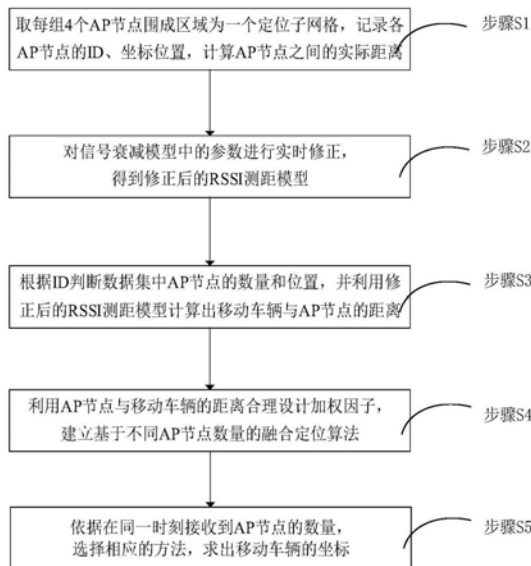
权利要求书4页 说明书9页 附图5页

(54)发明名称

一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法

(57)摘要

本发明提供了一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法,包括取每组4个AP节点围成区域作为定位子网格,记录各AP节点的ID、坐标位置、计算实际距离;对信号衰减模型中的参数进行实时修正,得到修正后的RSSI测距模型;接收AP回传的信息,根据ID判断数据集中AP节点的数量和坐标位置,利用测距模型计算出移动车辆与AP节点的距离;利用AP节点与移动车辆的距离合理设计加权因子,建立融合定位算法;依据接收到AP节点的数量,选择相应的加权无线定位方法,得出移动车辆的定位坐标;本发明方法具有较强的鲁棒性,有效克服回传RSSI值不稳定的问题,能适应复杂道路环境的变化,相较于传统三点加权质心定位有更高的定位精度。



1. 一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、取每组4个AP节点围成区域作为一个定位子网格,记录各AP节点的ID、坐标位置,并计算AP节点之间的实际距离;

步骤2、控制中心控制AP节点发送探测请求帧和射频信号,并记录各AP节点的RSSI值及衰减值,对信号衰减模型中的参数进行实时修正,得到修正后的RSSI测距模型;

步骤3、控制中心接收AP回传的信息,根据ID判断数据集中AP节点的数量和坐标位置,利用修正后的RSSI测距模型计算出移动车辆与AP节点的距离;

步骤4、利用AP节点与移动车辆的距离合理设计加权因子,建立基于不同AP节点数量的融合定位算法;

步骤5、控制中心依据在同一时刻接收到AP节点的数量,选择相应的加权无线定位方法,即可求出移动车辆的定位坐标。

2. 根据权利要求1所述的一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法,其特征在于,所述步骤1中包括:

步骤11、在同一平面的道路两侧等间隔布置AP节点,所述AP节点呈直线均匀排布,记录各AP节点的ID及坐标位置;

步骤12、取每组4个AP节点,记为A、B、C、D,所围成区域作为一个定位子网格,根据坐标计算AP节点之间的实际距离 $l_{ab}, l_{bc}, l_{cd}, l_{da}$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法,其特征在于,所述步骤2中包括:

步骤21、控制中心控制AP节点发送探测请求帧和射频信号,选择一个AP节点作为参考节点,其余3个作为待定位节点,参考节点对同一时刻得到不同AP节点的信号强度RSSI值进行高斯滤波处理,得到不同AP节点的 T_{RSSI} 值,然后对时序 T_{RSSI} 值进行算数平均处理;

步骤22、将滤波后得到的 $\overline{T_{RSSI}}$ 值代入信号衰减模型中,进行衰减因子修正,得到修正后的RSSI测距模型:

$$\lambda = \frac{A - \overline{T_{RSSI}}}{10 \lg(d)} \quad (\text{式 1})$$

式中,A取高斯滤波后 $d=1\text{m}$ 时的RSSI值平均值, λ 为实际道路环境中的信号衰减因子, d 为节点之间的真实距离。

4. 根据权利要求1所述的一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法,其特征在于,所述步骤3中包括:

步骤31、移动车辆进入定位子网格区域后,控制中心接收AP节点传送回来的MAC地址、时间戳Time和信号强度RSSI信息,根据ID判断回传数据中AP节点的数量 $k, k=1, 2, 3$ 或 4 ;

步骤32、根据RSSI值计算移动车辆到AP节点的距离 d_i ,以AP节点坐标为圆心, d_i 为半径画圆 $O_i, i=A, B, C$ 或 D :

$$d_i = 10^{\left(\frac{A - RSSI_{(i)}}{10\lambda}\right)} \quad (\text{式 2})$$

式中, $RSSI_{(i)}$ 表示第 i 个AP节点嗅探到的RSSI值, λ 为修正后的衰减因子。

5. 根据权利要求1所述的一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法,其特征在于,所述步

骤4中包括:

步骤41、当 $k=1$ 时,取前一时刻车辆位置作为起始位置坐标 (x', y') ,过点 (x', y') 作移动车辆延长线,相切圆 O_i 于点 $M(x_M, y_M)$;因为移动车辆不能大范围横向移动,故作直线 L 平行于道路方向,且相切圆 O_i 于点 $P(x_P, y_P)$,取点 M 与点 P 的质心坐标为当前时刻定位坐标 (x, y) ;得到当前时刻移动车辆的坐标如下式所示:

$$\begin{cases} x = \frac{y_r + \Delta^2 x' - \Delta y' + x_r + x_r(\Delta^2 + 1) + r(\Delta^2 + 1)}{2(\Delta^2 + 1)} \\ y = (\Delta(\frac{y_r + \Delta^2 x' - \Delta y' + x_r}{\Delta^2 + 1} - x') + y' + y_r) / 2 \end{cases} \quad (式 3)$$

$$\Delta = \frac{(x' - xr)(y' - yr) + r\sqrt{(x' - xr)^2 + (y' - yr)^2} - r^2}{(x' - xr)^2 - r^2} \quad (式 4)$$

步骤42、当 $k=2$ 时,根据AP节点的编号,分为位于道路两侧、位于道路同侧两种情况:

①当位于道路两侧时,假设AP节点为A、C,判断两圆关系,如下式所示:

$$\begin{cases} 1, & IFd_A + d_C > l_{AC} \\ 0, & IFd_A + d_C = l_{AC} \\ -1, & IFd_A + d_C < l_{AC} \end{cases} \quad (式 5)$$

式中,1表示相交,0表示相切,-1表示相离;

当 $d_A + d_C > l_{AC}$ 时,两圆相交,有两个交点 F_A, F_C ,坐标分别为 (x_{FA}, y_{FA}) 、 (x_{FC}, y_{FC}) ,取 F_A, F_C 的质心坐标为定位坐标 (x, y) ,具体计算方法如下:

$$\begin{cases} x = \frac{x_{FA} + x_{FC}}{2} \\ y = \frac{y_{FA} + y_{FC}}{2} \end{cases} \quad (式 6)$$

如果两个交点分别在子网格内外,则取子网格内交点为定位坐标 (x, y) ;

当 $d_A + d_C = l_{AC}$ 时,取交点为定位坐标 (x, y) ;

当 $d_A + d_C < l_{AC}$ 时,过两圆圆心作线段 l_{AC} ,分别交两圆于点 F_A', F_C' ,坐标分别为 $(x_{FA'}, y_{FA'})$ 、 $(x_{FC'}, y_{FC'})$,进一步地,若 $d_A \geq d_C$,则认为点 F_A 距离未知节点较近且在权值中所占的影响大,具体计算方法如下:

$$\begin{cases} x = \frac{x_{FA'} \cdot d_C + x_{FC'} \cdot d_A}{d_C + d_A} \\ y = \frac{y_{FA'} \cdot d_C + y_{FC'} \cdot d_A}{d_C + d_A} \end{cases} \quad (式 7)$$

②当位于道路同侧时,假设AP节点为B、D,判断两圆关系;

当 $d_A + d_C > l_{AC}$ 时,两圆相交,取子网格内交点为定位坐标 (x, y) ;

当 $d_A + d_C \leq l_{AC}$ 时,对圆B得到初步定位坐标 $F_B(x_{FB}, y_{FB})$,过点 F_B 作平行于道路的直线交圆D于点 F_D ,坐标为 (x_{FD}, y_{FD}) ,进一步地,若 $d_B \geq d_D$,则认为点 F_B 距离未知节点较近且在权值中所占的影响大,则定位坐标 (x, y) 具体计算方法如下:

$$\begin{cases} x = \frac{x_{FB}' \cdot d_D + x_{FD}' \cdot d_B}{d_D + d_B} \\ y = \frac{y_{FB}' \cdot d_D + y_{FD}' \cdot d_B}{d_D + d_B} \end{cases} \quad (\text{式 } 8)$$

步骤43、当 $k=3$ 时,根据AP节点的编号,分为三边相离、两边相离、一边相离、无边相离四种情况;

假设AP节点为A、B、C,则有圆A、圆B、圆C,判断三圆关系;

①当三边相离时,即 $d_A + d_C < \sqrt{(x_A - x_C)^2 + (y_A - y_C)^2}$ AND

$d_A + d_B < \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}$ AND $d_B + d_C < \sqrt{(x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2}$,作线段连接三个圆的圆心交于点E、F、G、H、I、J,取这六个点的质心坐标为定位坐标 (x, y) ;

$$\begin{cases} x = \frac{x_E + x_F + x_G + x_H + x_I + x_J}{6} \\ y = \frac{y_E + y_F + y_G + y_H + y_I + y_J}{6} \end{cases} \quad (\text{式 } 9)$$

②当两边相离时,即满足下式中任一条件,作线段连接三圆圆心交于点E、F、G、H、I,取这五个点的质心坐标为定位坐标 (x, y) ;

$$\begin{cases} d_A + d_C \geq |d_{AC}| \text{ AND } d_A + d_B < |d_{AB}| \text{ AND } d_B + d_C < |d_{BC}| \\ d_A + d_B \geq |d_{AB}| \text{ AND } d_A + d_C < |d_{AC}| \text{ AND } d_B + d_C < |d_{BC}| \\ d_B + d_C \geq |d_{BC}| \text{ AND } d_B + d_C < |d_{BC}| \text{ AND } d_A + d_C < |d_{AC}| \end{cases} \quad (\text{式 } 10)$$

$$\begin{cases} x = \frac{x_E + x_F + x_G + x_H + x_I}{5} \\ y = \frac{y_E + y_F + y_G + y_H + y_I}{5} \end{cases} \quad (\text{式 } 11)$$

当出现相交两个交点的时候,分别计算两个交点到第三个圆圆心的距离,取距离较近者进行计算;

③当一边相离时,即满足下式中任一条件,作线段连接三圆圆心交于点E、F、G、H,取这四个点的质心坐标为定位坐标 (x, y) ;

$$\begin{cases} d_A + d_C < |d_{AC}| \text{ AND } d_A + d_B \geq |d_{AB}| \text{ AND } d_B + d_C \geq |d_{BC}| \\ d_A + d_B < |d_{AB}| \text{ AND } d_A + d_C \geq |d_{AC}| \text{ AND } d_B + d_C \geq |d_{BC}| \\ d_B + d_C < |d_{BC}| \text{ AND } d_B + d_C \geq |d_{BC}| \text{ AND } d_A + d_C \geq |d_{AC}| \end{cases} \quad (\text{式 } 12)$$

$$\begin{cases} x = \frac{x_E + x_F + x_G + x_H}{4} \\ y = \frac{y_E + y_F + y_G + y_H}{4} \end{cases} \quad (\text{式 } 13)$$

当出现相交两个交点的时候,分别计算两个交点到第三个圆圆心的距离,取距离较近者进行计算;

④当无边相离时,三圆两两相交有六个交点,并形成公共区域;分别计算两圆相交的两个交点到第三个圆圆心的距离,取距离较近者进行计算;交点为E、F、G,且 $d_A > d_B > d_C$,则定位坐标 (x, y) 按下列公式计算;

$$\begin{cases} x = \frac{x_E \cdot d_C + x_F \cdot d_B + x_G \cdot d_A}{d_A + d_B + d_C} \\ y = \frac{y_E \cdot d_C + y_F \cdot d_B + y_G \cdot d_A}{d_A + d_B + d_C} \end{cases} \quad (\text{式 14})$$

步骤44、当 $k=4$ 时,认为定位坐标在四边形EFGH内,求得E、F、G、H的坐标为 (x_E, y_E) 、 (x_F, y_F) 、 (x_G, y_G) 、 (x_H, y_H) ,则定位坐标 (x, y) 按下列公式计算;

$$\begin{cases} x = \frac{x_E \cdot (d_A + d_B) + x_F \cdot (d_B + d_C) + x_G \cdot (d_C + d_D) + x_H \cdot (d_D + d_A)}{2(d_A + d_B + d_C + d_D)} \\ y = \frac{y_E \cdot (d_A + d_B) + y_F \cdot (d_B + d_C) + y_G \cdot (d_C + d_D) + y_H \cdot (d_D + d_A)}{2(d_A + d_B + d_C + d_D)} \end{cases} \quad (\text{式 15})$$

一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及RSSI定位与车辆移动定位技术领域,具体涉及一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法。

背景技术

[0002] 目前对车辆定位技术的研究方向有很多,主要分为两种:一种是使用特殊的定位设备实现车辆主动定位;另一种充分利用现有的无线通信设备和网络实现车辆被动定位。针对前一种的定位方法,已经诞生了一些成熟的系统,例如全球定位系统(GPS);后一种方法应用无线传感器网络(WSN),通过部署大量传感器节点至目标区域,在传感器网络内部采用一定的机制与算法实现车辆的自身定位。

[0003] 目前对于无线传感网络的定位方法,有基于信号强度定位(RSSI)、基于到达时间定位(TOA)、基于到达时间差定位(TDOA)等多种经典无线定位测距算法。相对于TOA、TDOA等需要昂贵硬件配套实现的测距算法,基于RSSI的测距算法具有成本低、功耗低的特点。在未来“传感城市”背景下,将RSSI测距算法融合无人驾驶技术中,实现对车辆自身的精准定位是热门方向。

[0004] 由于测距过程中测量获取的距离与实际距离之间存在一定的偏差,导致基于RSSI的定位结果常不稳定,应用性受到极大限制。目前针对车辆无线定位算法,多基于良好环境进行测试,并未考虑其对实际道路交通环境的适应性问题。与室内环境相比,道路环境衰减因子动态变化,具有不可预测的特点;同时,车辆定位具有实时性,要求定位算法尽量简单。

[0005] 显然,基于RSSI标定参数的复杂定位算法并不适用于移动车辆定位场景,急需提出一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法。

发明内容

[0006] 有鉴于此,为解决上述问题,本发明提供了一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法,能克服现有车辆定位技术误差大、效率低等难题。

[0007] 为实现上述目的,本发明的技术方案如下。

[0008] 一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法,包括以下步骤:

[0009] 步骤1、取每组4个AP节点围成区域作为一个定位子网格,记录各AP节点的ID、坐标位置,并计算AP节点之间的实际距离;

[0010] 步骤2、控制中心控制AP节点发送探测请求帧和射频信号,并记录各AP节点的RSSI值及衰减值,对信号衰减模型中的参数进行实时修正,得到修正后的RSSI测距模型;

[0011] 步骤3、控制中心接收AP回传的信息,根据ID判断数据集中AP节点的数量和坐标位置,利用修正后的RSSI测距模型计算出移动车辆与AP节点的距离;

[0012] 步骤4、利用AP节点与移动车辆的距离合理设计加权因子,建立基于不同AP节点数量的融合定位算法;

[0013] 步骤5、控制中心依据在同一时刻接收到AP节点的数量,选择相应的加权无线定位

方法,即可求出移动车辆的定位坐标。

[0014] 进一步地,所述步骤1中包括:

[0015] 步骤11、在同一平面的道路两侧等间隔布置AP节点,所述AP呈直线均匀排布,记录各AP节点的ID及坐标位置;

[0016] 步骤12、取每组4个AP节点,记为A、B、C、D,所围成区域作为一个定位子网格,根据坐标计算AP节点之间的实际距离 $l_{ab}, l_{bc}, l_{cd}, l_{da}$ 。

[0017] 进一步地,所述步骤2中包括:

[0018] 步骤21、控制中心控制AP节点发送探测请求帧和射频信号,选择一个AP节点作为参考节点,其余3个作为待定位节点,参考节点对同一时刻得到不同AP节点的信号强度RSSI值进行高斯滤波处理,得到不同AP节点的 T_{RSSI} 值,然后对时序 T_{RSSI} 值进行算数平均处理;

[0019] 步骤22、将滤波后得到的 $\overline{T_{RSSI}}$ 值代入信号衰减模型中,进行衰减因子修正,得到修正后的RSSI测距模型:

$$[0020] \quad \lambda = \frac{A - \overline{T_{RSSI}}}{10 \lg(d)} \quad (\text{式 1})$$

[0021] 式中, λ 为实际道路环境中的信号衰减因子, d 为节点之间的真实距离。

[0022] 进一步地,所述步骤3中包括:

[0023] 步骤31、移动车辆进入定位子网格区域后,控制中心接收AP节点传送回来的MAC地址、时间戳Time和信号强度RSSI信息,根据ID判断回传数据中AP节点的数量 $k, k=1、2、3$ 或4;

[0024] 步骤32、根据RSSI值计算移动车辆到AP节点的距离 d_i ,以AP节点坐标为圆心, d_i 为半径画圆 $O_i, i=A、B、C$ 或 D :

$$[0025] \quad d_i = 10^{\left(\frac{A - \text{RSSI}_{(i)}}{10\lambda}\right)} \quad (\text{式 2})$$

[0026] 式中, $\text{RSSI}_{(i)}$ 表示第 i 个AP节点嗅探到的RSSI值, λ 为修正后的衰减因子。

[0027] 进一步地,所述步骤4中包括:

[0028] 步骤41、当 $k=1$ 时,取前一时刻车辆位置作为起始位置坐标 (x', y') ,过点 (x', y') 作移动车辆延长线,相切圆 O_i 于点 $M(x_M, y_M)$;因为移动车辆不能大范围横向移动,故作直线 L 平行于道路方向,且相切圆 O_i 于点 $P(x_P, y_P)$,取点 M 与点 P 的质心坐标为当前时刻定位坐标 (x, y) ;得到当前时刻移动车辆的坐标如下式所示:

$$[0029] \quad \begin{cases} x = \frac{y_r + \Delta^2 x' - \Delta y' + x_r + x_r(\Delta^2 + 1) + r(\Delta^2 + 1)}{2(\Delta^2 + 1)} \\ y = \left(\Delta \left(\frac{y_r + \Delta^2 x' - \Delta y' + x_r}{\Delta^2 + 1} - x' \right) + y' + y_r \right) / 2 \end{cases} \quad (\text{式 3})$$

$$[0030] \quad \Delta = \frac{(x' - xr)(y' - yr) + r\sqrt{(x' - xr)^2 + (y' - yr)^2} - r^2}{(x' - xr)^2 - r^2} \quad (\text{式 4})$$

[0031] 步骤42、当 $k=2$ 时,根据AP节点的编号,分为位于道路两侧、位于道路同侧两种情况:

[0032] ①当位于道路两侧时,假设AP节点为A、C,判断两圆关系,如下式所示;

$$[0033] \quad \begin{cases} 1, & IFd_A + d_C > l_{AC} \\ 0, & IFd_A + d_C = l_{AC} \\ -1, & IFd_A + d_C < l_{AC} \end{cases} \quad (\text{式 } 5)$$

[0034] 式中,1表示相交,0表示相切,-1表示相离;

[0035] 当 $d_A + d_C > l_{AC}$ 时,两圆相交,有两个交点 F_A 、 F_C ,坐标分别为 (x_{FA}, y_{FA}) 、 (x_{FC}, y_{FC}) ,取 F_A 、 F_C 的质心坐标为定位坐标 (x, y) ,具体计算方法如下:

$$[0036] \quad \begin{cases} x = \frac{x_{FA} + x_{FC}}{2} \\ y = \frac{y_{FA} + y_{FC}}{2} \end{cases} \quad (\text{式 } 6)$$

[0037] 如果两个交点分别在子网格内外,则取子网格内交点为定位坐标 (x, y) ;

[0038] 当 $d_A + d_C = l_{AC}$ 时,取交点为定位坐标 (x, y) ;

[0039] 当 $d_A + d_C < l_{AC}$ 时,过两圆圆心作线段 l_{AC} ,分别交两圆于点 F_A' 、 F_C' ,坐标分别为 $(x_{FA'}, y_{FA'})$ 、 $(x_{FC'}, y_{FC'})$,进一步地,若 $d_A \geq d_C$,则认为点 F_A 距离未知节点较近且在权值中所占的影响大,具体计算方法如下:

$$[0040] \quad \begin{cases} x = \frac{x_{FA'} \cdot d_C + x_{FC'} \cdot d_A}{d_C + d_A} \\ y = \frac{y_{FA'} \cdot d_C + y_{FC'} \cdot d_A}{d_C + d_A} \end{cases} \quad (\text{式 } 7)$$

[0041] ②当位于道路同侧时,假设AP节点为B、D,判断两圆关系;

[0042] 当 $d_A + d_C > l_{AC}$ 时,两圆相交,取子网格内交点为定位坐标 (x, y) ;

[0043] 当 $d_A + d_C \leq l_{AC}$ 时,对圆B得到初步定位坐标 $F_B(x_{FB}, y_{FB})$,过点 F_B 作平行于道路的直线交圆D于点 F_D ,坐标为 (x_{FD}, y_{FD}) ,进一步地,若 $d_B \geq d_D$,则认为点 F_B 距离未知节点较近且在权值中所占的影响大,则定位坐标 (x, y) 具体计算方法如下:

$$[0044] \quad \begin{cases} x = \frac{x_{FB} \cdot d_D + x_{FD} \cdot d_B}{d_D + d_B} \\ y = \frac{y_{FB} \cdot d_D + y_{FD} \cdot d_B}{d_D + d_B} \end{cases} \quad (\text{式 } 8)$$

[0045] 步骤43、当 $k=3$ 时,根据AP节点的编号,分为三边相离、两边相离、一边相离、无边相离四种情况;

[0046] 假设AP节点为A、B、C,则有圆A、圆B、圆C,判断三圆关系;

[0047] ①当三边相离时,即 $d_A + d_C < \sqrt{(x_A - x_C)^2 + (y_A - y_C)^2}$ AND

$d_A + d_B < \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}$ AND $d_B + d_C < \sqrt{(x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2}$,作线段连接三圆圆心交于点E、F、G、H、I、J,取这六个点的质心坐标为定位坐标 (x, y) ;

$$[0048] \quad \begin{cases} x = \frac{x_E + x_F + x_G + x_H + x_I + x_J}{6} \\ y = \frac{y_E + y_F + y_G + y_H + y_I + y_J}{6} \end{cases} \quad (\text{式 9})$$

[0049] ②当两边相离时,即满足下式中任一条件,作线段连接三圆圆心交于点E、F、G、H、I,取这五个点的质心坐标为定位坐标(x,y);

$$[0050] \quad \begin{cases} d_A + d_C \geq |d_{AC}| \text{ AND } d_A + d_B < |d_{AB}| \text{ AND } d_B + d_C < |d_{BC}| \\ d_A + d_B \geq |d_{AB}| \text{ AND } d_A + d_C < |d_{AC}| \text{ AND } d_B + d_C < |d_{BC}| \\ d_B + d_C \geq |d_{BC}| \text{ AND } d_B + d_C < |d_{BC}| \text{ AND } d_A + d_C < |d_{AC}| \end{cases} \quad (\text{式 10})$$

$$[0051] \quad \begin{cases} x = \frac{x_E + x_F + x_G + x_H + x_I}{5} \\ y = \frac{y_E + y_F + y_G + y_H + y_I}{5} \end{cases} \quad (\text{式 11})$$

[0052] 当出现相交两个交点的时候,分别计算两个交点到第三个圆圆心的距离,取距离较近者进行计算;

[0053] ③当一边相离时,即满足下式中任一条件,作线段连接三圆圆心交于点E、F、G、H,取这四个点的质心坐标为定位坐标(x,y);

$$[0054] \quad \begin{cases} d_A + d_C < |d_{AC}| \text{ AND } d_A + d_B \geq |d_{AB}| \text{ AND } d_B + d_C \geq |d_{BC}| \\ d_A + d_B < |d_{AB}| \text{ AND } d_A + d_C \geq |d_{AC}| \text{ AND } d_B + d_C \geq |d_{BC}| \\ d_B + d_C < |d_{BC}| \text{ AND } d_B + d_C \geq |d_{BC}| \text{ AND } d_A + d_C \geq |d_{AC}| \end{cases} \quad (\text{式 12})$$

$$[0055] \quad \begin{cases} x = \frac{x_E + x_F + x_G + x_H}{4} \\ y = \frac{y_E + y_F + y_G + y_H}{4} \end{cases} \quad (\text{式 13})$$

[0056] 当出现相交两个交点的时候,分别计算两个交点到第三个圆圆心的距离,取距离较近者进行计算。

[0057] ④当无边相离时,三圆两两相交有六个交点,并形成公共区域;分别计算两圆相交的两个交点到第三个圆圆心的距离,取距离较近者进行计算;交点为E、F、G,且 $d_A > d_B > d_C$,则定位坐标(x,y)按下列公式计算;

$$[0058] \quad \begin{cases} x = \frac{x_E \cdot d_C + x_F \cdot d_B + x_G \cdot d_A}{d_A + d_B + d_C} \\ y = \frac{y_E \cdot d_C + y_F \cdot d_B + y_G \cdot d_A}{d_A + d_B + d_C} \end{cases} \quad (\text{式 14})$$

[0059] 步骤44、当 $k=4$ 时,认为定位坐标在四边形EFGH内,求得E、F、G、H的坐标为 (x_E, y_E) 、 (x_F, y_F) 、 (x_G, y_G) 、 (x_H, y_H) ,则定位坐标(x,y)按下列公式计算;

$$[0060] \quad \begin{cases} x = \frac{x_E \cdot (d_A + d_B) + x_F \cdot (d_B + d_C) + x_G \cdot (d_C + d_D) + x_H \cdot (d_D + d_A)}{2(d_A + d_B + d_C + d_D)} \\ y = \frac{y_E \cdot (d_A + d_B) + y_F \cdot (d_B + d_C) + y_G \cdot (d_C + d_D) + y_H \cdot (d_D + d_A)}{2(d_A + d_B + d_C + d_D)} \end{cases} \quad (式 15)$$

[0061] 与现有技术比较,本发明的一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法具有以下有益效果和优点:

[0062] 本发明考虑了无线定位在实际道路环境的适应性问题,针对子网格中4个AP节点之间相互定位、AP节点对移动车辆定位所处的环境相似这一特点,通过建立加权校正模型,对信号衰减模型中的参数进行实时修正,得到实时的RSSI测距模型;

[0063] 本发明中的子网格权重计算是一种融合的动态计算,针对AP回传信号不稳定的问题,依据在同一时刻接收到AP节点的数量,选择不同的加权无线定位算法。因此,本发明的定位方法具有很好的鲁棒性,能否适应复杂道路环境的变化,符合当下基于无线通信技术实现车辆定位的趋势。

附图说明

[0064] 图1是本发明一种基于RSSI的低速移动车辆定位方法的原理示意图。

[0065] 图2是本发明优选实施例中道路环境下的AP节点布设示意图。

[0066] 图3是本发明实施例的融合定位算法流程图。

[0067] 图4是本发明实施例的一个AP节点回传信号求解示意图。

[0068] 图5是本发明实施例的两个AP节点回传信号异侧求解示意图。

[0069] 图6是本发明实施例的两个AP节点回传信号同侧求解示意图。

[0070] 图7是本发明实施例的三个AP节点回传信号求解示意图。

[0071] 图8是本发明实施例的四个AP节点回传信号求解示意图。

具体实施方式

[0072] 下面将结合附图和具体的实施例对本发明的具体实施作进一步说明。需要指出的是,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0073] 实施例1

[0074] 本次测试是在某车辆工程测试场进行的,测试所用的设备包括笔记本电脑1部、移动终端1部、AP节点4个、移动电源4个、协调器节点1个,具体操作步骤如图1所示。

[0075] 步骤S1、如图2所示,取每组4个AP节点围成区域作为一个定位子网格,记录各AP节点的ID、坐标位置,并计算AP节点之间的实际距离;

[0076] 具体步骤如下:

[0077] 步骤11、在同一平面的道路两侧等间隔布置AP节点,AP节点呈直线均匀排布,记录各AP节点的ID及坐标位置;

[0078] 步骤12、取每组4个AP节点(记为A、B、C、D)围成区域作为一个定位子网格,根据坐标计算AP节点之间的实际距离 $l_{ab}, l_{bc}, l_{cd}, l_{da}$ 。

[0079] 建立子网格的目的是为了细化移动车辆的分布区间,以提高定位效率。若移动车辆在子网格交界处,则任取其中一个子网格计算均可。

[0080] 步骤S2、车路协同控制中心控制AP节点发送探测请求帧和射频信号,并记录各AP节点的RSSI值及衰减值,对信号衰减模型中的参数进行实时修正,得到修正后的RSSI测距模型;

[0081] 具体步骤如下:

[0082] 步骤21、车路协同控制中心控制AP节点发送探测请求帧和射频信号,选择一个AP节点作为参考节点,其余3个作为待定位节点,参考节点对同一时刻得到不同AP节点的信号强度指示(RSSI)值进行高斯滤波处理,得到不同AP节点的 T_{RSSI} 值,然后对时序 T_{RSSI} 值进行算术平均处理;

[0083] 步骤22、将滤波后得到的 $\overline{T_{RSSI}}$ 值代入信号衰减模型中,进行衰减因子修正,得到修正后的RSSI测距模型:

$$[0084] \quad \lambda = \frac{A - \overline{T_{RSSI}}}{10 \lg(d)} \quad (\text{式 1})$$

[0085] 式中,A取高斯滤波后 $d=1\text{m}$ 时的RSSI值平均值, λ 为实际道路环境中的信号衰减因子, d 为节点之间的真实距离。

[0086] 步骤S3、控制中心接收AP回传的信息,根据ID判断数据集中AP节点的数量和坐标位置,利用修正后的RSSI测距模型计算出移动车辆与AP节点的距离;

[0087] 具体步骤如下:

[0088] 步骤31、移动车辆进入定位子网格区域后,控制中心接收AP节点传送回来的MAC地址、时间戳Time和信号强度RSSI信息,根据ID判断回传数据中AP节点的数量 k , $k=1、2、3$ 或4;

[0089] 步骤32、根据RSSI值计算移动车辆到AP节点的距离 d_i ,以AP节点坐标为圆心, d_i 为半径画圆 O_i , $i=A、B、C$ 或 D ;

$$[0090] \quad d_i = 10^{\left(\frac{A - \text{RSSI}_{(i)}}{10\lambda}\right)} \quad (\text{式 2})$$

[0091] 式中, $\text{RSSI}_{(i)}$ 表示第 i 个AP节点嗅探到的RSSI值, λ 为修正后的衰减因子。

[0092] 步骤S4、利用AP节点与移动车辆的距离合理设计加权因子,建立基于不同AP节点数量的融合定位算法;

[0093] 当道路两侧布置的AP节点足够多,移动车辆在行驶过程中,偏移的幅度很小,转动的速度也很慢,因此整个行驶过程中近似看作直线运动。建立基于不同AP节点数量的融合定位算法,如图3所示;

[0094] 根据回传数据中AP节点的数量 k ,可以分为以下4种情况处理,具体步骤如下:

[0095] 步骤41、当 $k=1$ 时,取前一时刻车辆位置作为起始位置坐标 (x', y') ,过点 (x', y') 作移动车辆延长线,相切圆 O_i 于点 $M(x_M, y_M)$;因为移动车辆不能大范围横向移动,故作直线 L 平行于道路方向,且相切圆 O_i 于点 $P(x_P, y_P)$,取点 M 与点 P 的质心坐标为当前时刻定位坐标 (x, y) ,如图4所示;得到当前时刻移动车辆的坐标如下式所示:

$$[0096] \quad \begin{cases} x = \frac{y_r + \Delta^2 x' - \Delta y' + x_r + x_r(\Delta^2 + 1) + r(\Delta^2 + 1)}{2(\Delta^2 + 1)} \\ y = \left(\Delta \left(\frac{y_r + \Delta^2 x' - \Delta y' + x_r}{\Delta^2 + 1} - x' \right) + y' + y_r \right) / 2 \end{cases} \quad (\text{式 3})$$

$$[0097] \quad \Delta = \frac{(x' - xr)(y' - yr) + r\sqrt{(x' - xr)^2 + (y' - yr)^2} - r^2}{(x' - xr)^2 - r^2} \quad (\text{式 4})$$

[0098] 步骤42、当k=2时,根据AP节点的编号,分为位于道路两侧、位于道路同侧两种情况:

[0099] ①当位于道路两侧时,假设AP节点为A、C,如图5所示,判断两圆关系,如下式所示;

$$[0100] \quad \begin{cases} 1, & IFd_A + d_C > l_{AC} \\ 0, & IFd_A + d_C = l_{AC} \\ -1, & IFd_A + d_C < l_{AC} \end{cases} \quad (\text{式 5})$$

[0101] 式中,1表示相交,0表示相切,-1表示相离;

[0102] 当 $d_A + d_C > l_{AC}$ 时,两圆相交,有两个交点 F_A 、 F_C ,坐标分别为 (x_{FA}, y_{FA}) 、 (x_{FC}, y_{FC}) ,如图5(c)所示,取 F_A 、 F_C 的质心坐标为定位坐标 (x, y) ,具体计算方法如下:

$$[0103] \quad \begin{cases} x = \frac{x_{FA} + x_{FC}}{2} \\ y = \frac{y_{FA} + y_{FC}}{2} \end{cases} \quad (\text{式 6})$$

[0104] 如果两个交点分别在子网格内外,则取子网格内交点为定位坐标 (x, y) ;

[0105] 当 $d_A + d_C = l_{AC}$ 时,如图5(b)所示,取交点为定位坐标 (x, y) ;

[0106] 当 $d_A + d_C < l_{AC}$ 时,如图5(a)所示,过两圆圆心作线段 l_{AC} ,分别交两圆于点 F_A' 、 F_C' ,坐标分别为 $(x_{FA'}, y_{FA'})$ 、 $(x_{FC'}, y_{FC'})$,进一步地,若 $d_A \geq d_C$,则认为点 F_A 距离未知节点较近且在权值中所占的影响大,具体计算方法如下:

$$[0107] \quad \begin{cases} x = \frac{x_{FA'} \cdot d_C + x_{FC'} \cdot d_A}{d_C + d_A} \\ y = \frac{y_{FA'} \cdot d_C + y_{FC'} \cdot d_A}{d_C + d_A} \end{cases} \quad (\text{式 7})$$

[0108] ②当位于道路同侧时,假设AP节点为B、D,如图6所示,判断两圆关系;

[0109] 当 $d_A + d_C > l_{AC}$ 时,如图6(c)所示,两圆相交,取子网格内交点为定位坐标 (x, y) ;

[0110] 当 $d_A + d_C \leq l_{AC}$ 时,如图6(a)和(b)所示,对圆B得到初步定位坐标 F_B (x_{FB}, y_{FB}),过点 F_B 作平行于道路的直线交圆D于点 F_D ,坐标为 (x_{FD}, y_{FD}) ,进一步地,若 $d_B \geq d_D$,则认为点 F_B 距离未知节点较近且在权值中所占的影响大,则定位坐标 (x, y) 具体计算方法如下:

$$[0111] \quad \begin{cases} x = \frac{x_{FB} \cdot d_D + x_{FD} \cdot d_B}{d_D + d_B} \\ y = \frac{y_{FB} \cdot d_D + y_{FD} \cdot d_B}{d_D + d_B} \end{cases} \quad (\text{式 8})$$

[0112] 步骤43、当k=3时,根据AP节点的编号,分为三边相离、两边相离、一边相离、无边相离四种情况,如图7所示;

[0113] 假设AP节点为A、B、C,则有圆A、圆B、圆C,判断三圆关系;

[0114] ①当三边相离时,如图7中(a)所示,即 $d_A + d_C < \sqrt{(x_A - x_C)^2 + (y_A - y_C)^2}$ AND

$d_A + d_B < \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}$ AND $d_B + d_C < \sqrt{(x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2}$, 作线段连接三圆圆心交于点E、F、G、H、I、J, 取这六个点的质心坐标为定位坐标 (x, y) ;

$$[0115] \quad \begin{cases} x = \frac{x_E + x_F + x_G + x_H + x_I + x_J}{6} \\ y = \frac{y_E + y_F + y_G + y_H + y_I + y_J}{6} \end{cases} \quad (\text{式 9})$$

[0116] ②当两边相离时, 如图7中 (b) 所示, 即满足下式中任一条件, 作线段连接三圆圆心交于点E、F、G、H、I, 取这五个点的质心坐标为定位坐标 (x, y) ;

$$[0117] \quad \begin{cases} d_A + d_C \geq |d_{AC}| \text{ AND } d_A + d_B < |d_{AB}| \text{ AND } d_B + d_C < |d_{BC}| \\ d_A + d_B \geq |d_{AB}| \text{ AND } d_A + d_C < |d_{AC}| \text{ AND } d_B + d_C < |d_{BC}| \\ d_B + d_C \geq |d_{BC}| \text{ AND } d_B + d_C < |d_{BC}| \text{ AND } d_A + d_C < |d_{AC}| \end{cases} \quad (\text{式 10})$$

$$[0118] \quad \begin{cases} x = \frac{x_E + x_F + x_G + x_H + x_I}{5} \\ y = \frac{y_E + y_F + y_G + y_H + y_I}{5} \end{cases} \quad (\text{式 11})$$

[0119] 当出现相交两个交点的时候, 分别计算两个交点到第三个圆圆心的距离, 取距离较近者进行计算;

[0120] ③当一边相离时, 如图7中 (c) 所示, 即满足下式中任一条件, 作线段连接三圆圆心交于点E、F、G、H, 取这四个点的质心坐标为定位坐标 (x, y) ;

$$[0121] \quad \begin{cases} d_A + d_C < |d_{AC}| \text{ AND } d_A + d_B \geq |d_{AB}| \text{ AND } d_B + d_C \geq |d_{BC}| \\ d_A + d_B < |d_{AB}| \text{ AND } d_A + d_C \geq |d_{AC}| \text{ AND } d_B + d_C \geq |d_{BC}| \\ d_B + d_C < |d_{BC}| \text{ AND } d_B + d_C \geq |d_{BC}| \text{ AND } d_A + d_C \geq |d_{AC}| \end{cases} \quad (\text{式 12})$$

$$[0122] \quad \begin{cases} x = \frac{x_E + x_F + x_G + x_H}{4} \\ y = \frac{y_E + y_F + y_G + y_H}{4} \end{cases} \quad (\text{式 13})$$

[0123] 当出现相交两个交点的时候, 分别计算两个交点到第三个圆圆心的距离, 取距离较近者进行计算。

[0124] ④当无边相离时, 如图7中 (d) 所示, 三圆两两相交有六个交点, 并形成公共区域; 分别计算两圆相交的两个交点到第三个圆圆心的距离, 取距离较近者进行计算; 交点为E、F、G, 且 $d_A > d_B > d_C$, 则定位坐标 (x, y) 按下列公式计算;

$$[0125] \quad \begin{cases} x = \frac{x_E \cdot d_C + x_F \cdot d_B + x_G \cdot d_A}{d_A + d_B + d_C} \\ y = \frac{y_E \cdot d_C + y_F \cdot d_B + y_G \cdot d_A}{d_A + d_B + d_C} \end{cases} \quad (\text{式 14})$$

[0126] 步骤44、当 $k=4$ 时, 如图8所示, 认为定位坐标在四边形EFGH内, 求得E、F、G、H的坐标为 (x_E, y_E) 、 (x_F, y_F) 、 (x_G, y_G) 、 (x_H, y_H) , 则定位坐标 (x, y) 按下列公式计算;

$$[0127] \quad \begin{cases} x = \frac{x_E \cdot (d_A + d_B) + x_F \cdot (d_B + d_C) + x_G \cdot (d_C + d_D) + x_H \cdot (d_D + d_A)}{2(d_A + d_B + d_C + d_D)} \\ y = \frac{y_E \cdot (d_A + d_B) + y_F \cdot (d_B + d_C) + y_G \cdot (d_C + d_D) + y_H \cdot (d_D + d_A)}{2(d_A + d_B + d_C + d_D)} \end{cases} \quad (式 15)$$

[0128] 步骤S5、控制中心依据在同一时刻接收到AP节点的数量,选择相应的加权无线定位方法,即可求出移动车辆的定位坐标。

[0129] 前述实施例中,每隔一定时间对参数进行重新修正的方式,在相同情况下,较一般算法平均可以提高测距精度(约36%),可以充分适应复杂道路环境的变化,使得参数修正更加准确,实时定位更精准。在定位精度方面,与传统三点加权质心定位的定位进行对比,本发明提出的融合定位算法嗅探数据样本由50提高到97,平均可提高约42%的定位精度,可以克服GPS定位中由于天气等因素造成的过大误差,实现全天候定位。

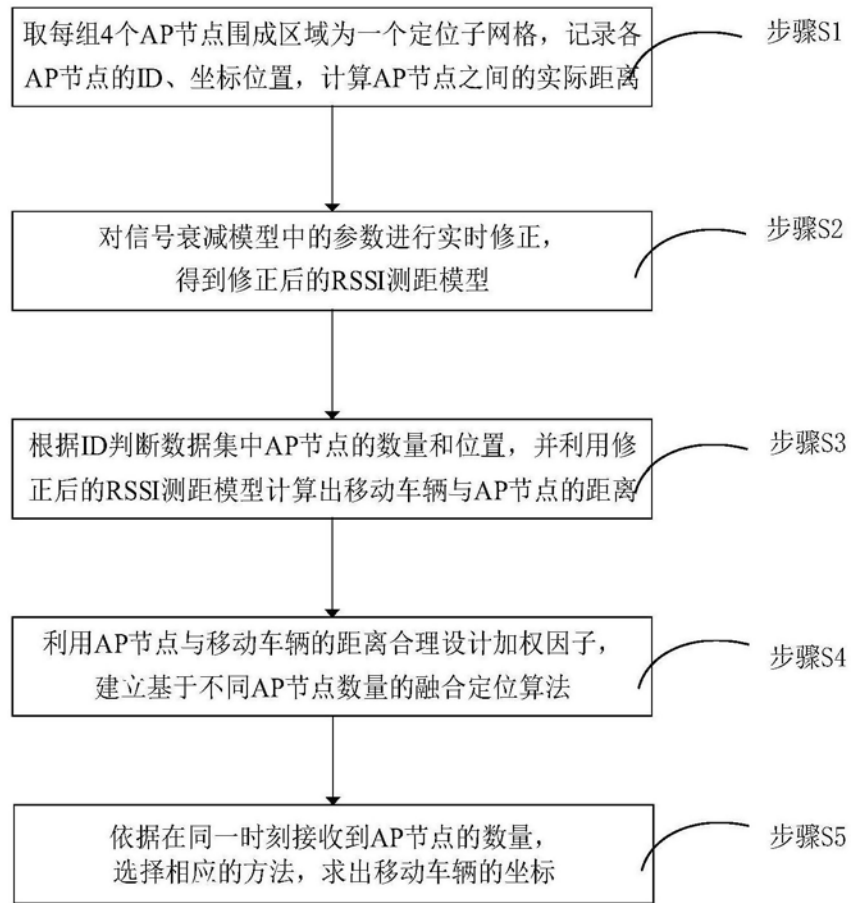


图1

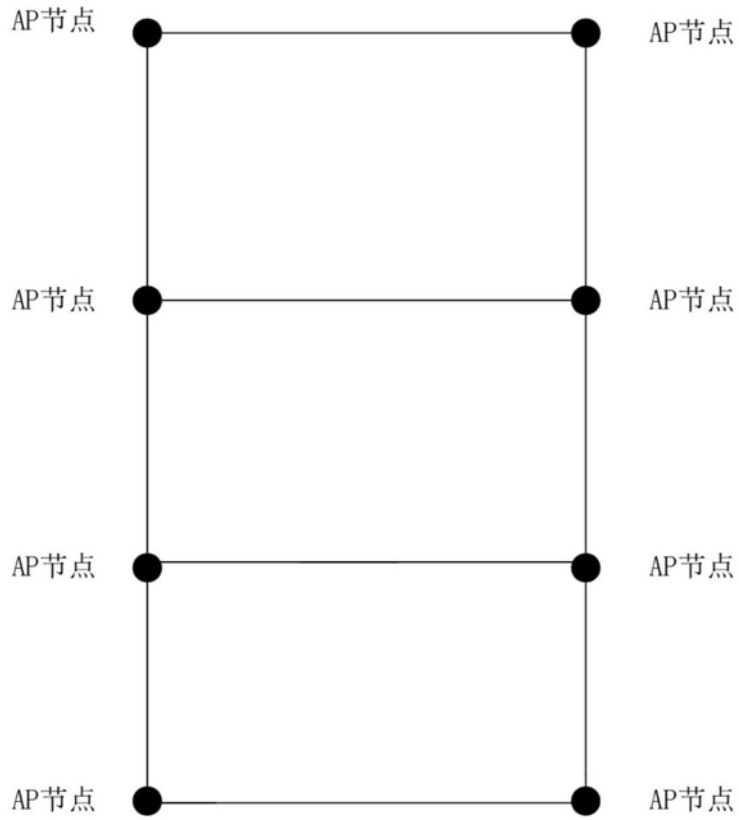


图2

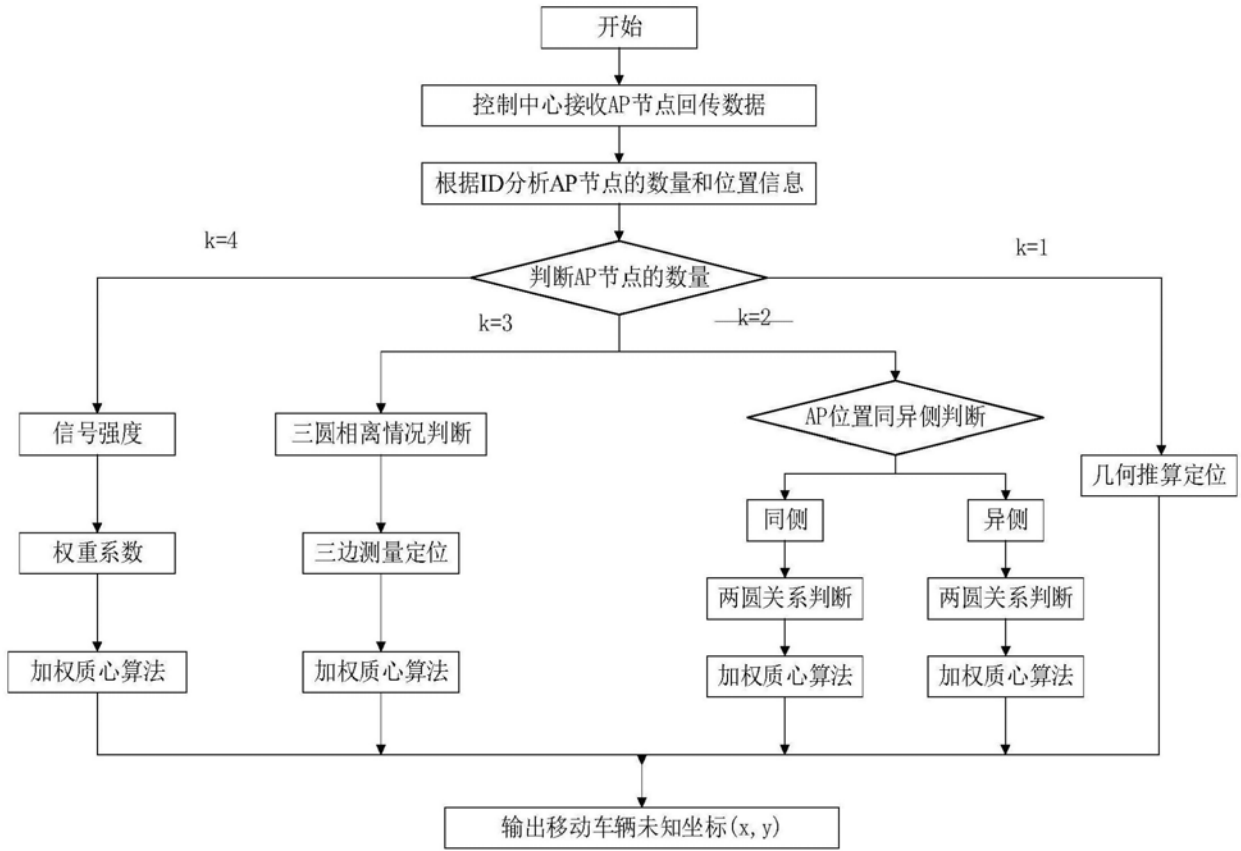


图3

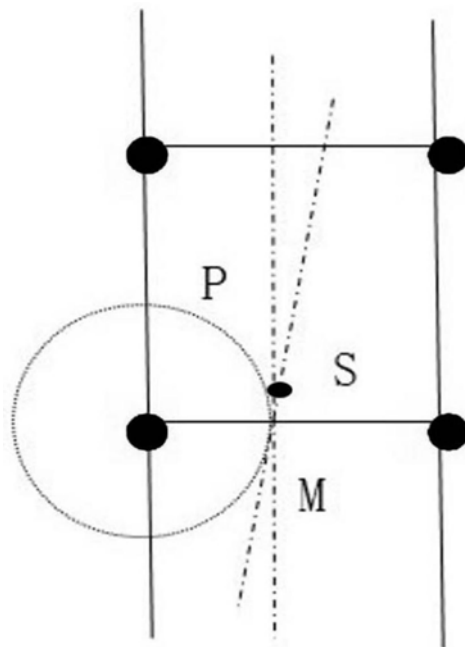


图4

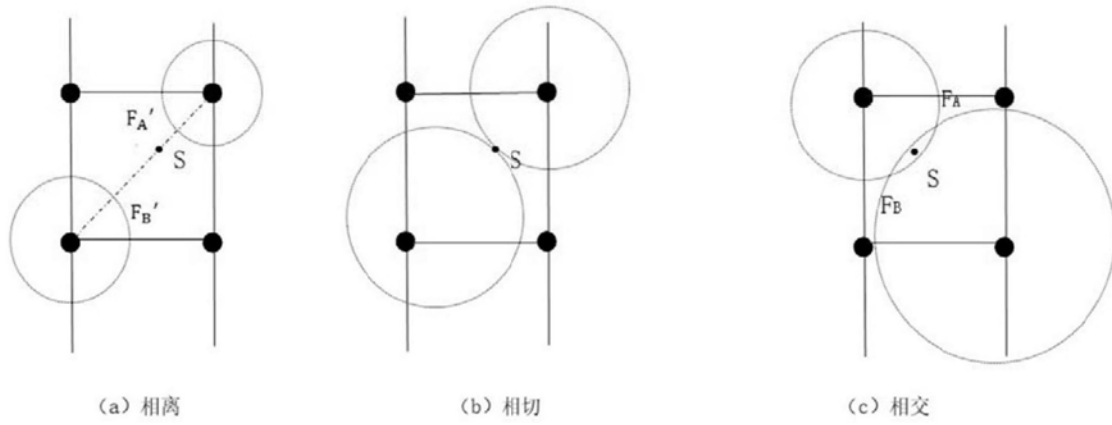


图5

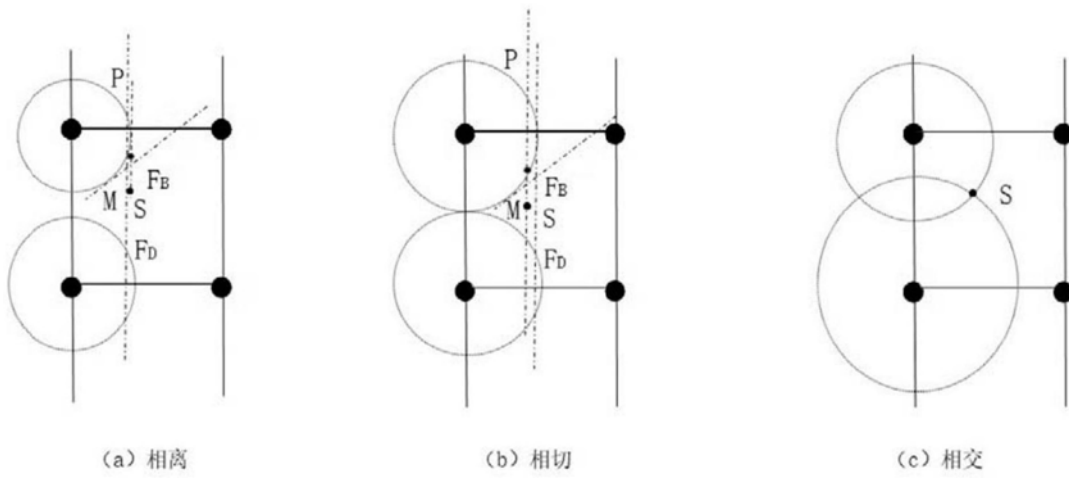


图6

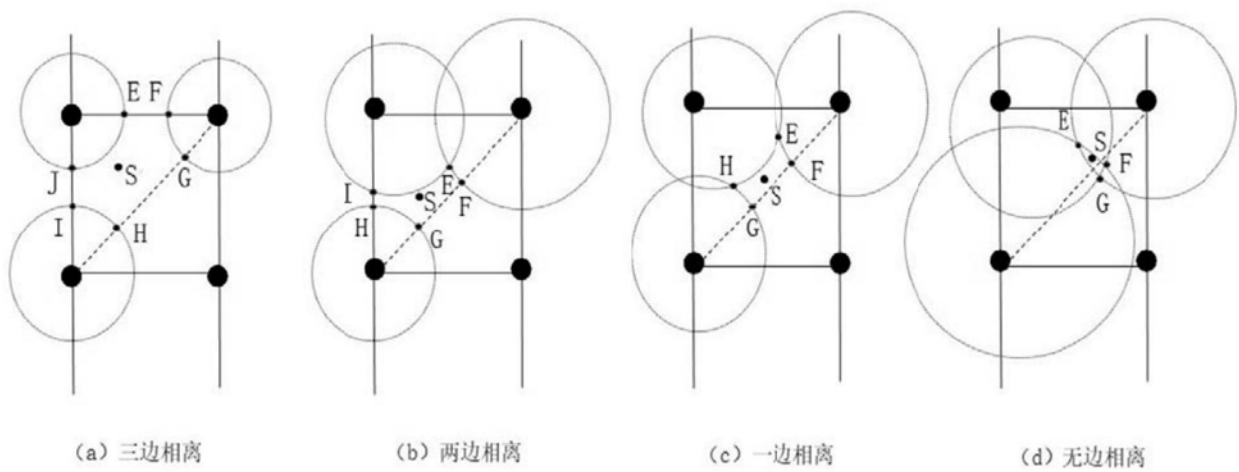


图7

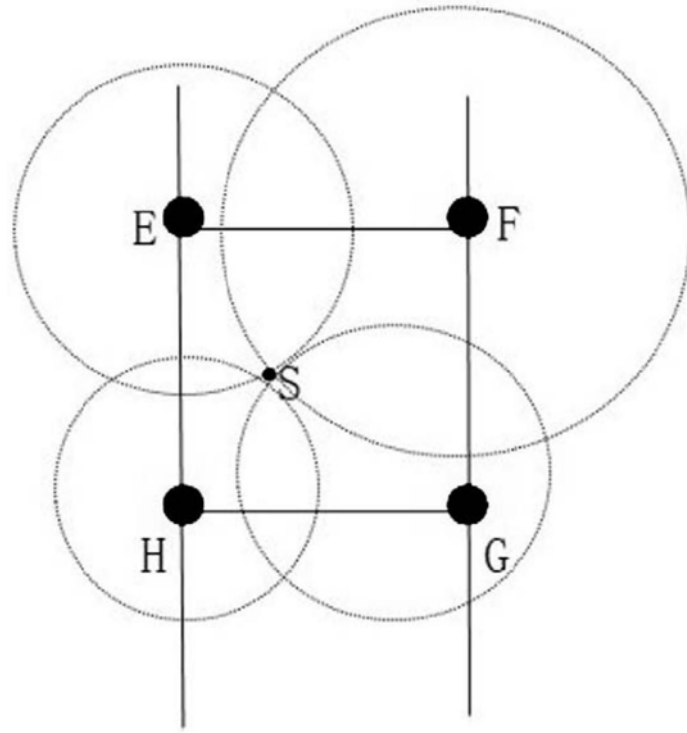


图8