



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108981713 B

(45) 授权公告日 2022. 03. 25

(21) 申请号 201810932008.X

审查员 朱先花

(22) 申请日 2018.08.16

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108981713 A

(43) 申请公布日 2018.12.11

(73) 专利权人 佛山科学技术学院

地址 528000 广东省佛山市南海区狮山镇

仙溪水库西路佛山科学技术学院

(72) 发明人 钟勇

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有

限公司 44205

代理人 王国标

(51) Int. Cl.

G01C 21/20 (2006.01)

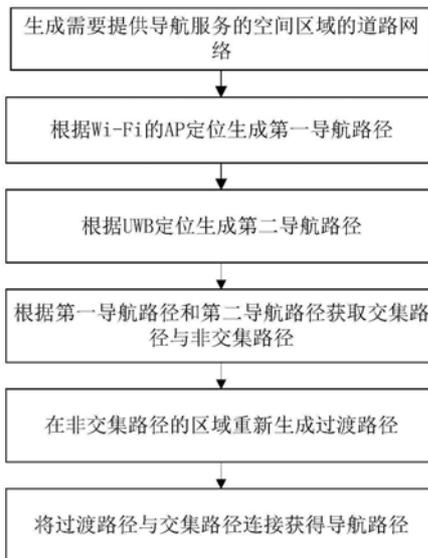
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种混合无线自适应导航方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种混合无线自适应导航方法及装置,本发明解决了使用单一的WiFi技术进行室内定位的不足,克服了WIFI覆盖的死角;利用UWB定位的无覆盖死角的穿透性,可应对大型建筑复杂环境;本发明利用两个定位技术的优势,可使室内定位精度提高到厘米级别,实现了定位高精度,保证了定位服务的稳定性质量,具有很强的鲁棒性。



1. 一种混合无线自适应导航方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

步骤1,生成需要提供导航服务的空间区域的道路网络;

步骤2,根据Wi-Fi的AP定位生成第一导航路径;

步骤3,根据UWB定位生成第二导航路径;

在步骤3中,所述根据UWB定位生成第二导航路径的方法为:通过UWB定位传感器的接入点的UWB信号实时获取当前的空间坐标,先求出需要提供导航服务的空间区域的道路网络中各节点直接相邻节点的最大个数,简称为最大邻接点,用变量MaxNum表示,然后以MaxNum作为矩阵的列数,以道路网络中的节点总数n作为矩阵的行数,构造邻接节点矩阵J来描述道路网络中节点间的邻接关系,J的行按节点号从小到大顺序排列,与节点i邻接的节点号卸载矩阵的第i行,如果节点i的邻接节点个数小于MaxNum,则以0填充第i行直到填满,构造与J结构相同的初始判断矩阵DJ,同时将J中各元素邻接关系对应的边的权值填在同一位置上, $\infty$ 对应0元素,即J(i,j)表示第j个与节点i邻接的节点编号,相应的,DJ(i,j)表示节点i与其邻接节点J(i,j)连线的权值,其中, $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq \text{MaxNum}$ ,计算道路网络的最大邻接节点数MaxNum,构造邻接节点矩阵J,各行中的节点序号前后随意放置,对应邻接节点矩阵J的各元素,构造初始判断矩阵DJ,有了邻接节点矩阵J和初始判断矩阵DJ以后,就可以对网络中任意给定两点进行最短路径规划,下面给出生成第二导航路径的具体实现步骤:

输入:道路网络的邻接节点矩阵J和初始判断矩阵DJ,以及路径规划的起点S和终点D;

步骤3.1,初始化标记向量Mark,Mark(i)=-1,其中, $i=1,2,\dots,\text{MaxNum}$ ;

步骤3.2,根据起始点S,标记初始判断矩阵DJ的第s行,Mark(s)=0,记最短距离MinDist=0;

步骤3.3,根据终点D,判断DJ的第d行是否已经标记,是则转步骤3.5,否则转步骤3.4;

步骤3.4,在DJ已标记的行中,求所有元素的最小值dmin,若dmin= $\infty$ ,说明不存在最短路径,程序退出;否则MinDist=dmin,记录最小值元素所在的行di、列dj,然后在J中取(di,dj)元素,记为w,若第w行尚未标记,则将DJ的第w行标记,Mark(w)=di;并在J的第w行寻找值为di的元素,记录该元素的行ri、列rj,将DJ刚获得标记的行中各元素值均加上MinDist,并使DJ的(di,dj)和(ri,rj)元素为 $\infty$ ,然后转步骤3.3;

步骤3.5,从终点D开始,由标记向量Mark的分量依次遍历道路网络的节点,直到起始点S,这样最终将获得一组道路网络的节点;

步骤3.6,连接各个节点生成第二导航路径;

步骤4,根据第一导航路径和第二导航路径获取交集路径与非交集路径;

步骤5,在非交集路径的区域重新生成过渡路径;

步骤6,将过渡路径与交集路径连接获得导航路径。

2. 根据权利要求1所述的一种混合无线自适应导航方法,其特征在于,在步骤1中,生成需要提供导航服务的空间区域的道路网络的方法为以下步骤,

步骤1.1,读取需要提供导航服务的空间区域的地图的图片格式文件;

步骤1.2,将图片格式文件转化为像素矩阵;

步骤1.3,运用像素边界算法寻找像素矩阵的区域边界的方法为:从地图的图片的矩阵的第一个像素的rgb值开始向右和向下寻找与其不相同的rgb,标记为道路网络节点区域,遍历完每一个道路网络节点区域后,再从剩下像素找下一个道路网络节点区域,一直到遍

历完为止,记录下所有道路网络节点区域的位置;

步骤1.4,连接道路网络节点区域的位置得到道路网络。

3.根据权利要求1所述的一种混合无线自适应导航方法,其特征在于,在步骤2中,所述根据Wi-Fi的AP定位生成第一导航路径的方法为:根据Wi-Fi的AP接入点的RSSI信号实时获取当前的空间坐标,通过IDA\*迭代加深搜索算法搜索需要提供导航服务的空间区域的道路网络,通过以深度优先寻路方式对道路网络的节点进行路径搜索得到n个导航路径上道路网络的路径节点,使用开销评估函数 $cost(n)$ 限制搜索深度,第n个路径节点的 $cost(n)$ 代价确定由式 $f(n) = cost(n) = g(n) + h(n)$ 给出,式中, $g(n)$ 是导航起始节点到导航路径点n的开销评估, $h(n)$ 导航路径从导航节点n到目的节点的开销估计,首先,每一个迭代器根据现在的评估函数 $cost(n)$ 释放出轮廓线中的所有导航路径点,如果导航路径未找到,则搜索扩展到下一个导航轮廓线 $cost(n)$ ,当在该导航轮廓线中搜索完成,就开始新一轮的循环,在下一轮的导航轮廓线中使用一个新的评估函数 $cost(n)$ ,以该函数为限制逐层深入搜索道路网络的节点,这样最终将获得一组道路网络的节点,连接各个节点生成第一导航路径。

4.根据权利要求1所述的一种混合无线自适应导航方法,其特征在于,在步骤4中,所述根据第一导航路径和第二导航路径获取交集路径与非交集路径的方法为:同步遍历第一导航路径和第二导航路径的路径节点,如果其中路径节点中的相邻的节点相同则将连接相邻节点的路径标记为交集路径,如果其中路径节点中的相邻的节点不同则将连接相邻节点的路径标记为非交集路径,一直到遍历完为止。

5.根据权利要求1所述的一种混合无线自适应导航方法,其特征在于,在步骤5中,所述在非交集路径的区域重新生成过渡路径的方法为,在非交集路径选择第一导航路径和第二导航路径中这个位置的相邻节点的路径中距离短的路径作为过渡路径。

6.一种混合无线自适应导航装置,其特征在于,所述装置包括:存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序运行在所述装置的以下单元中:

路网生成单元,用于生成需要提供导航服务的空间区域的道路网络;

AP路径单元,用于根据Wi-Fi的AP定位生成第一导航路径;

UWB路径单元,用于根据UWB定位生成第二导航路径;

所述根据UWB定位生成第二导航路径的方法为:通过UWB定位传感器的接入点的UWB信号实时获取当前的空间坐标,先求出需要提供导航服务的空间区域的道路网络中各节点直接相邻节点的最大个数,简称为最大邻接点,用变量MaxNum表示,然后以MaxNum作为矩阵的列数,以道路网络中的节点总数n作为矩阵的行数,构造邻接节点矩阵J来描述道路网络中节点间的邻接关系,J的行按节点号从小到大顺序排列,与节点i邻接的节点号卸载矩阵的第i行,如果节点i的邻接节点个数小于MaxNum,则以0填充第i行直到填满,构造与J结构相同的初始判断矩阵DJ,同时将J中各元素邻接关系对应的边的权值填在同一位置上, $\infty$ 对应0元素,即 $J(i, j)$ 表示第j个与节点i邻接的节点编号,相应的, $DJ(i, j)$ 表示节点i与其邻接节点 $J(i, j)$ 连线的权值,其中, $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq \text{MaxNum}$ ,计算道路网络的最大邻接节点数MaxNum,构造邻接节点矩阵J,各行中的节点序号前后随意放置,对应邻接节点矩阵J的各元素,构造初始判断矩阵DJ,有了邻接节点矩阵J和初始判断矩阵DJ以后,就可以对网络中任意给定两点进行最短路径规划,下面给出生成第二导航路径的具体实现步骤:

输入:道路网络的邻接节点矩阵 $J$ 和初始判断矩阵 $DJ$ ,以及路径规划的起点 $S$ 和终点 $D$ ;

步骤3.1,初始化标记向量 $Mark$ , $Mark(i) = -1$ ,其中, $i = 1, 2, \dots, MaxNum$ ;

步骤3.2,根据起始点 $S$ ,标记初始判断矩阵 $DJ$ 的第 $s$ 行, $Mark(s) = 0$ ,记最短距离 $MinDist = 0$ ;

步骤3.3,根据终点 $D$ ,判断 $DJ$ 的第 $d$ 行是否已经标记,是则转步骤3.5,否则转步骤3.4;

步骤3.4,在 $DJ$ 已标记的行中,求所有元素的最小值 $dmin$ ,若 $dmin = \infty$ ,说明不存在最短路径,程序退出;否则 $MinDist = dmin$ ,记录最小值元素所在的行 $d_i$ 、列 $d_j$ ,然后在 $J$ 中取 $(d_i, d_j)$ 元素,记为 $w$ ,若第 $w$ 行尚未标记,则将 $DJ$ 的第 $w$ 行标记, $Mark(w) = d_i$ ;并在 $J$ 的第 $w$ 行寻找值为 $d_i$ 的元素,记录该元素的行 $r_i$ 、列 $r_j$ ,将 $DJ$ 刚获得标记的行中各元素值均加上 $MinDist$ ,并使 $DJ$ 的 $(d_i, d_j)$ 和 $(r_i, r_j)$ 元素为 $\infty$ ,然后转步骤3.3;

步骤3.5,从终点 $D$ 开始,由标记向量 $Mark$ 的分量依次遍历道路网络的节点,直到起始点 $S$ ,这样最终将获得一组道路网络的节点;

步骤3.6,连接各个节点生成第二导航路径;

交集划分单元,用于根据第一导航路径和第二导航路径获取交集路径与非交集路径;

过渡生成单元,用于在非交集路径的区域重新生成过渡路径;

路径连接单元,用于将过渡路径与交集路径连接获得导航路径。

## 一种混合无线自适应导航方法及装置

### 技术领域

[0001] 本公开涉及无线定位技术领域,具体涉及一种混合无线自适应导航方法及装置。

### 背景技术

[0002] 在室外露天的无线定位很容易,因为有GPS卫星、北斗卫星导航和地上运营商的通信基站,其实在GPS卫星无法穿透的购物中心也并不难,因为国内购物中心内几乎都遍布了Wi-Fi热点,机场、火车站、图书馆、办公楼以及大型购物商城中遍布的Wi-Fi热点,通过这些锚点对用户进行室内定位和导航,并且利用Wi-Fi热点进行室内定位和导航,在技术层面已经成熟。现有的技术上媲美室外的GPS卫星,尽管技术趋于成熟,但对于室内导航技术的应用,短期内不能过分乐观。在无线定位技术中,仅仅是单一的AP定位的导航精度已无法满足现有需求,室内的场景需要的是高精度的导航,而当前的技术上这些Wi-Fi的AP定位能将定位范围缩减到5米左右,现有的很多需求场景都需要精确到厘米级以下,在此种精度要求以下的导航技术,在实际的导航应用中容易碰撞障碍物和出现误导航等情况。

### 发明内容

[0003] 本公开提供一种混合无线自适应导航方法及装置,利用Wi-Fi的AP定位和UWB各自的优势,结合Wi-Fi的AP定位和UWB无线技术定位的导航路径相结合生成优化后的导航路径。

[0004] 为了实现上述目的,根据本公开的一方面,提供一种混合无线自适应导航方法,所述方法包括以下步骤:

[0005] 步骤1,生成需要提供导航服务的空间区域的道路网络;

[0006] 步骤2,根据Wi-Fi的AP定位生成第一导航路径;

[0007] 步骤3,根据UWB定位生成第二导航路径;

[0008] 步骤4,根据第一导航路径和第二导航路径获取交集路径与非交集路径;

[0009] 步骤5,在非交集路径的区域重新生成过渡路径;

[0010] 步骤6,将过渡路径与交集路径连接获得导航路径。

[0011] 进一步地,在步骤1中,生成需要提供导航服务的空间区域的道路网络的方法为以下步骤,

[0012] 步骤1.1,读取需要提供导航服务的空间区域的地图的图片格式文件;

[0013] 步骤1.2,将图片格式文件转化为像素矩阵;

[0014] 步骤1.3,运用像素边界算法寻找像素矩阵的区域边界的方法为:从地图的矩阵的第一个像素的rgb值开始向右和向下寻找与其不相同的rgb,标记为道路网络节点区域,遍历完每一个道路网络节点区域后,再从剩下像素找下一个道路网络节点区域,一直到遍历完为止,记录下所有道路网络节点区域的位置;

[0015] 步骤1.4,连接道路网络节点区域的位置得到道路网络。

[0016] 进一步地,在步骤2中,所述根据Wi-Fi的AP定位生成第一导航路径的方法为:根据

Wi-Fi的AP接入点的RSSI信号实时获取当前的空间坐标,通过IDA\*迭代加深搜索算法搜索需要提供导航服务的空间区域的道路网络,通过以深度优先寻路方式对道路网络的节点进行路径搜索得到n个导航路径上道路网络的路径节点,使用开销评估函数 $\text{cost}(n)$ 限制搜索深度,第n个路径节点的 $\text{cost}(n)$ 代价确定由式 $f(n) = \text{cost}(n) = g(n) + h(n)$ 给出,式中, $g(n)$ 是导航起始节点到导航路径点n的开销评估, $h(n)$ 导航路径从导航节点n到目的节点的开销估计,首先,每一个迭代器根据现在的评估函数 $\text{cost}(n)$ 释放出轮廓线中的所有导航路径点,如果导航路径未找到,则搜索扩展到下一个导航轮廓线 $\text{cost}(n)$ ,当在该导航轮廓线中搜索完成,就开始新一轮的循环,在下一轮的导航轮廓线中使用一个新的评估函数 $\text{cost}(n)$ ,以该函数为限制逐层深入搜索道路网络的节点,这样最终将获得一组道路网络的节点,连接各个节点生成第一导航路径。

[0017] 进一步地,在步骤3中,所述根据UWB定位生成第二导航路径的方法为:通过UWB定位传感器的接入点的UWB信号实时获取当前的空间坐标,先求出需要提供导航服务的空间区域的道路网络中各节点直接相邻节点的最大个数,简称为最大邻接点,用变量MaxNum表示,然后以MaxNum作为矩阵的列数,以道路网络中的节点总数n作为矩阵的行数,构造邻接节点矩阵J来描述道路网络中节点间的邻接关系,J的行按节点号从小到大顺序排列,与节点i邻接的节点号卸载矩阵的第i行,如果节点i的邻接节点个数小于MaxNum,则以0填充第i行直到填满,构造与J结构相同的初始判断矩阵DJ,同时将J中各元素邻接关系对应的边的权值填在同一位置上, $\infty$ 对应0元素,即 $J(i, j)$ 表示第j个与节点i邻接的节点编号,相应的, $DJ(i, j)$ 表示节点i与其邻接节点 $J(i, j)$ 连线的权值,其中, $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq \text{MaxNum}$ ,这样,邻接节点法使用维数相对较低的矩阵J和DJ取代了邻接矩阵法中维数较高的矩阵 $\text{cost}$ ,从而有效地改善了算法的存储效率和运算效率,为了能够应用邻接节点法解算任意指定两点间的最短路径,装载道路网络数据,获得道路网络中的节点和边的内部序号,需要说明的是,道路网络节点和边的内部序号与实际编号能不相同,为了增加算法的灵活性,算法使用内部编号参数运算,这里假设内部序号和实际编号相同,计算道路网络的最大邻接节点数MaxNum,构造邻接节点矩阵J,各行中的节点序号前后随意放置,对应邻接节点矩阵J的各元素,构造初始判断矩阵DJ,有了邻接节点矩阵J和初始判断矩阵DJ以后,就可以对网络中任意给定两点进行最短路径规划,下面给出生成第二导航路径的具体实现步骤:

[0018] 输入:道路网络的邻接节点矩阵J和初始判断矩阵DJ,以及路径规划的起点S和终点D;

[0019] 步骤3.1,初始化标记向量Mark,  $\text{Mark}(i) = -1$ ,其中, $i = 1, 2, \dots, \text{MaxNum}$ ;

[0020] 步骤3.2,根据起始点S,标记初始判断矩阵DJ的第s行, $\text{Mark}(s) = 0$ ,记最短距离 $\text{MinDist} = 0$ ;

[0021] 步骤3.3,根据终点D,判断DJ的第d行是否已经标记,是则转步骤3.5,否则转步骤3.4;

[0022] 步骤3.4,在DJ已标记的行中,求所有元素的最小值 $d_{\text{min}}$ ,若 $d_{\text{min}} = \infty$ ,说明不存在最短路径,程序退出;否则 $\text{MinDist} = d_{\text{min}}$ ,记录最小值元素所在的行 $d_i$ 、列 $d_j$ ,然后在J中取 $(d_i, d_j)$ 元素,记为w,若第w行尚未标记,则将DJ的第w行标记, $\text{Mark}(w) = d_i$ ;并在J的第w行寻找值为 $d_i$ 的元素,记录该元素的行 $r_i$ 、列 $r_j$ ,将DJ刚获得标记的行中各元素值均加上 $\text{MinDist}$ ,并使DJ的 $(d_i, d_j)$ 和 $(r_i, r_j)$ 元素为 $\infty$ ,然后转步骤3.3;

[0023] 步骤3.5,从终点D开始,由标记向量Mark的分量依次遍历道路网络的节点,直到起始点S,这样最终将获得一组道路网络的节点;

[0024] 步骤3.6,连接各个节点生成第二导航路径。

[0025] 进一步地,在步骤4中,所述根据第一导航路径和第二导航路径获取交集路径与非交集路径的方法为:同步遍历第一导航路径和第二导航路径的路径节点,如果其中路径节点中的相邻的节点相同则将连接相邻节点的路径标记为交集路径,如果其中路径节点中的相邻的节点不同则将连接相邻节点的路径标记为非交集路径,一直到遍历完为止。

[0026] 进一步地,在步骤5中,所述在非交集路径的区域重新生成过渡路径的方法为:在非交集路径选择第一导航路径和第二导航路径中这个位置的相邻节点的路径中距离短的路径作为过渡路径。

[0027] 本发明还提供了一种混合无线自适应导航装置,所述装置包括:存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序运行在所述装置的以下单元中:

[0028] 路网生成单元,用于生成需要提供导航服务的空间区域的道路网络;

[0029] AP路径单元,用于根据Wi-Fi的AP定位生成第一导航路径;

[0030] UWB路径单元,用于根据UWB定位生成第二导航路径;

[0031] 交集划分单元,用于根据第一导航路径和第二导航路径获取交集路径与非交集路径;

[0032] 过渡生成单元,用于在非交集路径的区域重新生成过渡路径;

[0033] 路径连接单元,用于将过渡路径与交集路径连接获得导航路径。

[0034] 本公开的有益效果为:本发明解决了使用单一的WiFi技术进行室内定位的不足,克服了WIFI覆盖的死角;利用UWB定位的无覆盖死角的穿透性,可应对大型建筑复杂环境;本发明利用两个定位技术的优势,可使室内定位精度提高到厘米级别,实现了定位高精度,保证了定位服务的稳定性质量,具有很强的鲁棒性。

## 附图说明

[0035] 通过对结合附图所示出的实施方式进行详细说明,本公开的上述以及其他特征将更加明显,本公开附图中相同的参考标号表示相同或相似的元素,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本公开的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图,在附图中:

[0036] 图1所示为一种混合无线自适应导航方法的流程图;

[0037] 图2所示为一种混合无线自适应导航装置图。

## 具体实施方式

[0038] 以下将结合实施例和附图对本公开的构思、具体结构及产生的技术效果进行清楚、完整的描述,以充分地理解本公开的目的、方案和效果。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0039] 如图1所示为根据本公开的一种混合无线自适应导航方法的流程图,下面结合图1来阐述根据本公开的实施方式的一种混合无线自适应导航方法。

- [0040] 本公开提出一种混合无线自适应导航方法,具体包括以下步骤:
- [0041] 步骤1,生成需要提供导航服务的空间区域的道路网络;
- [0042] 步骤2,根据Wi-Fi的AP定位生成第一导航路径;
- [0043] 步骤3,根据UWB定位生成第二导航路径;
- [0044] 步骤4,根据第一导航路径和第二导航路径获取交集路径与非交集路径;
- [0045] 步骤5,在非交集路径的区域重新生成过渡路径;
- [0046] 步骤6,将过渡路径与交集路径连接获得导航路径。
- [0047] 进一步地,在步骤1中,生成需要提供导航服务的空间区域的道路网络的方法为以下步骤,
- [0048] 步骤1.1,读取需要提供导航服务的空间区域的地图的图片格式文件;
- [0049] 步骤1.2,将图片格式文件转化为像素矩阵;
- [0050] 步骤1.3,运用像素边界算法寻找像素矩阵的区域边界的方法为:从地图的矩阵的第一个像素的rgb值开始向右和向下寻找与其不相同的rgb,标记为道路网络节点区域,遍历完每一个道路网络节点区域后,再从剩下像素找下一个道路网络节点区域,一直到遍历完为止,记录下所有道路网络节点区域的位置;
- [0051] 步骤1.4,连接道路网络节点区域的位置得到道路网络。
- [0052] 进一步地,在步骤2中,所述根据Wi-Fi的AP定位生成第一导航路径的方法为:根据Wi-Fi的AP接入点的RSSI信号实时获取当前的空间坐标,通过IDA\*迭代加深搜索算法搜索需要提供导航服务的空间区域的道路网络,通过以深度优先寻路方式对道路网络的节点进行路径搜索得到n个导航路径上道路网络的路径节点,使用开销评估函数 $cost(n)$ 限制搜索深度,第n个路径节点的 $cost(n)$ 代价确定由式 $f(n) = cost(n) = g(n) + h(n)$ 给出,式中, $g(n)$ 是导航起始节点到导航路径点n的开销评估, $h(n)$ 导航路径从导航节点n到目的节点的开销估计,首先,每一个迭代器根据现在的评估函数 $cost(n)$ 释放出轮廓线中的所有导航路径点,如果导航路径未找到,则搜索扩展到下一个导航轮廓线 $cost(n)$ ,当在该导航轮廓线中搜索完成,就开始新一轮的循环,在下一轮的导航轮廓线中使用一个新的评估函数 $cost(n)$ ,以该函数为限制逐层深入搜索道路网络的节点,这样最终将获得一组道路网络的节点,连接各个节点生成第一导航路径。
- [0053] IDA\*迭代加深搜索算法的伪代码形式的方法步骤为:

```

function IDA* (problem) returns a solution sequence
  inputs: problem, a problem
  local variables: f-limit, the current cost(n) limit
    root, a node
    root ← MAKE-NODE(INITIAL-STATE[problem])
    f-limit ← cost(n) (root)

  loop do
    solution, f-limit ← DFS-CONTOUR(root, f-limit)
    if solution is non-null then return solution
    if f-limit = ∞ then return failure; end

[0054] function DFS -CONTOUR (node, f-limit) returns a solution sequence and a
  new f-COST limit
  inputs: node, a node
    f-limit, the current cost(n) limit
  if cost(n) [node] > f-limit then return null, cost(n) [node]
  if GOAL-TEST [problem] (STATE[node]) then return node, f-limit
  for each node s in SUCCESSOR (node) do
    solution, new-f ← DFS-CONTOUR (s, f-limit)
  if solution is non-null then return solution, f-limit
    next-f ← MIN (next-f, new-f);end
  return null, next-f

```

[0055] 进一步地,在步骤3中,所述根据UWB定位生成第二导航路径的方法为:通过UWB定位传感器的接入点的UWB信号实时获取当前的空间坐标,先求出需要提供导航服务的空间区域的道路网络中各节点直接相邻节点的最大个数,简称为最大邻接点,用变量MaxNum表示,然后以MaxNum作为矩阵的列数,以道路网络中的节点总数 $n$ 作为矩阵的行数,构造邻接节点矩阵 $J$ 来描述道路网络中节点间的邻接关系, $J$ 的行按节点号从小到大顺序排列,与节点 $i$ 邻接的节点号卸载矩阵的第 $i$ 行,如果节点 $i$ 的邻接节点个数小于MaxNum,则以0填充第 $i$ 行直到填满,构造与 $J$ 结构相同的初始判断矩阵 $DJ$ ,同时将 $J$ 中各元素邻接关系对应的边的权值填在同一位置上, $\infty$ 对应0元素,即 $J(i, j)$ 表示第 $j$ 个与节点 $i$ 邻接的节点编号,相应的, $DJ(i, j)$ 表示节点 $i$ 与其邻接节点 $J(i, j)$ 连线的权值,其中, $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq \text{MaxNum}$ ,这样,邻接节点法使用维数相对较低的矩阵 $J$ 和 $DJ$ 取代了邻接矩阵法中维数较高的矩阵 $\text{cost}$ ,从而有效地改善了算法的存储效率和运算效率,为了能够应用邻接节点法解算任意指定两点间的最短路径,装载道路网络数据,获得道路网络中的节点和边的内部序号,需要说明的是,道路网络节点和边的内部序号与实际编号能不相同,为了增加算法的灵活性,算法使用内部编号参数运算,这里假设内部序号和实际编号相同,计算道路网络的最大邻接节点数MaxNum,构造邻接节点矩阵 $J$ ,各行中的节点序号前后随意放置,对应邻接节点矩阵 $J$ 的各元素,构造初始判断矩阵 $DJ$ ,有了邻接节点矩阵 $J$ 和初始判断矩阵 $DJ$ 以后,就可以对网络中任意给定两点进行最短路径规划,下面给出生成第二导航路径的具体实现步骤:

[0056] 输入:道路网络的邻接节点矩阵 $J$ 和初始判断矩阵 $DJ$ ,以及路径规划的起点 $S$ 和终点 $D$ ;

[0057] 步骤3.1,初始化标记向量 $\text{Mark}$ , $\text{Mark}(i) = -1$ ,其中, $i = 1, 2, \dots, \text{MaxNum}$ ;

[0058] 步骤3.2,根据起始点 $S$ ,标记初始判断矩阵 $DJ$ 的第 $s$ 行, $\text{Mark}(s) = 0$ ,记最短距离

MinDist=0;

[0059] 步骤3.3,根据终点D,判断DJ的第d行是否已经标记,是则转步骤3.5,否则转步骤3.4;

[0060] 步骤3.4,在DJ已标记的行中,求所有元素的最小值dmin,若dmin= $\infty$ ,说明不存在最短路径,程序退出;否则MinDist=dmin,记录最小值元素所在的行di、列dj,然后再J中取(di,dj)元素,记为w,若第w行尚未标记,则将DJ的第w行标记,Mark(w)=di;并在J的第w行寻找值为di的元素,记录该元素的行ri、列rj,将DJ刚获得标记的行中各元素值均加上MinDist,并使DJ的(di,dj)和(ri,rj)元素为 $\infty$ ,然后转步骤3.3;

[0061] 步骤3.5,从终点D开始,由标记向量Mark的分量依次遍历道路网络的节点,直到起始点S,这样最终将获得一组道路网络的节点;

[0062] 步骤3.6,连接各个节点生成第二导航路径。

[0063] 其中,所述UWB定位传感器属于UWB定位系统的一种,具有良好的穿透性,在UWB定位系统作用域内都可以使用UWB定位传感器进行定位,它包含一个天线阵列和UWB信号接收器;可以通过检测定位标签发出的UWB信号,来计算该标签的实际空间位置。在工作过程中,每个传感器独立测定UWB信号的方向角和仰角(AOA);而到达时间差信息(TDOA)则必须由一对传感器来测定,而且这两个传感器均部署了时间同步线;这种独特的AOA、TDOA相结合的测量技术,可以构建灵活而强大的定位系统。采用把GPS的全球绝对位置坐标转换为UWB相对坐标的算法,定位精度达到厘米级别。UWB定位原理按其测量参数的不同,主要分为基于到达角度检测方法(AOA)、基于到达时间检测方法(TOA)和到达时间差检测方法(TDOA)。基于到达角度检测方法是接收机(基站)通过阵列天线测出接收信号从移动台到两个以上基站的到达方向(电波的入射角),然后进行交叉定位获得较好位置信息,基于到达时间检测方法则是通过测量发送和接收信号之间的时延或时延差来进行定位。通过以上三种方法均可以获得精度高、当前定位目标的三维位置坐标(x,y,z)。

[0064] 进一步地,在步骤4中,所述根据第一导航路径和第二导航路径获取交集路径与非交集路径的方法为:同步遍历第一导航路径和第二导航路径的路径节点,如果其中路径节点中的相邻的节点相同则将连接相邻节点的路径标记为交集路径,如果其中路径节点中的相邻的节点不同则将连接相邻节点的路径标记为非交集路径,一直到遍历完为止。

[0065] 进一步地,在步骤5中,所述在非交集路径的区域重新生成过渡路径的方法为:在非交集路径选择第一导航路径和第二导航路径中这个位置的相邻节点的路径中距离短的路径作为过渡路径。

[0066] 本公开的实施例提供的一种混合无线自适应导航装置,如图2所示为本公开的一种混合无线自适应导航装置图,该实施例的一种混合无线自适应导航装置包括:处理器、存储器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现上述一种混合无线自适应导航装置实施例中的步骤。

[0067] 所述装置包括:存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序运行在所述装置的以下单元中:

[0068] 路网生成单元,用于生成需要提供导航服务的空间区域的道路网络;

[0069] AP路径单元,用于根据Wi-Fi的AP定位生成第一导航路径;

[0070] UWB路径单元,用于根据UWB定位生成第二导航路径;

[0071] 交集划分单元,用于根据第一导航路径和第二导航路径获取交集路径与非交集路径;

[0072] 过渡生成单元,用于在非交集路径的区域重新生成过渡路径;

[0073] 路径连接单元,用于将过渡路径与交集路径连接获得导航路径。

[0074] 所述一种混合无线自适应导航装置可以运行于桌上型计算机、笔记本、掌上电脑及云端服务器等计算设备中。所述一种混合无线自适应导航装置,可运行的装置可包括,但不限于,处理器、存储器。本领域技术人员可以理解,所述例子仅仅是一种混合无线自适应导航装置的示例,并不构成对一种混合无线自适应导航装置的限定,可以包括比例子更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如所述一种混合无线自适应导航装置还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

[0075] 所称处理器可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等,所述处理器是所述一种混合无线自适应导航装置运行装置的控制中心,利用各种接口和线路连接整个一种混合无线自适应导航装置可运行装置的各个部分。

[0076] 所述存储器可用于存储所述计算机程序和/或模块,所述处理器通过运行或执行存储在所述存储器内的计算机程序和/或模块,以及调用存储在存储器内的数据,实现所述一种混合无线自适应导航装置的各种功能。所述存储器可主要包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序(比如声音播放功能、图像播放功能等)等;存储数据区可存储根据手机的使用所创建的数据(比如音频数据、电话本等)等。此外,存储器可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非易失性存储器,例如硬盘、内存、插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)、至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他易失性固态存储器件。

[0077] 尽管本公开的描述已经相当详尽且特别对几个所述实施例进行了描述,但其并非旨在局限于任何这些细节或实施例或任何特殊实施例,而是应当将其视作是通过参考所附权利要求考虑到现有技术为这些权利要求提供广义的可能性解释,从而有效地涵盖本公开的预定范围。此外,上文以发明人可预见的实施例对本公开进行描述,其目的是为了提供有用的描述,而那些目前尚未预见的对本公开的非实质性改动仍可代表本公开的等效改动。

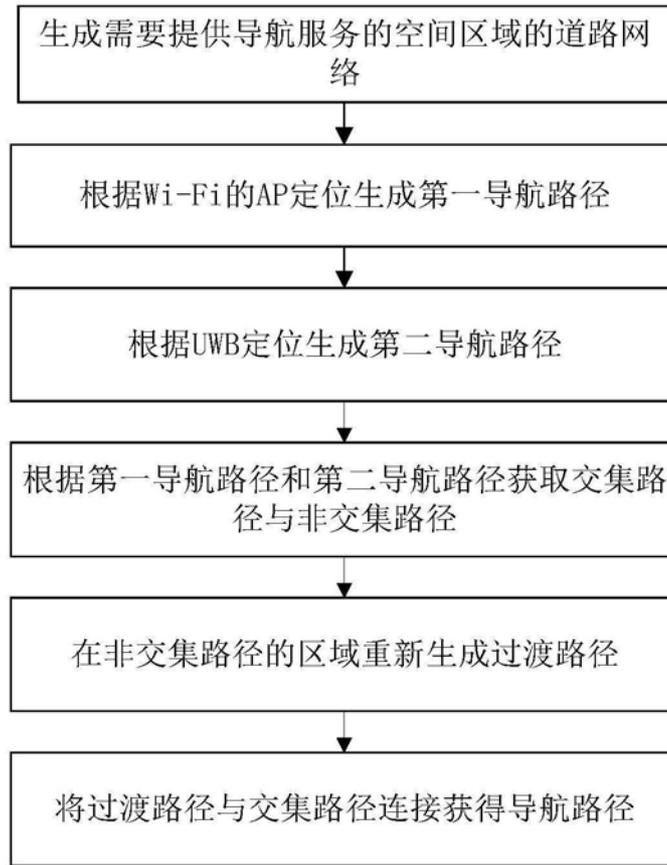


图1

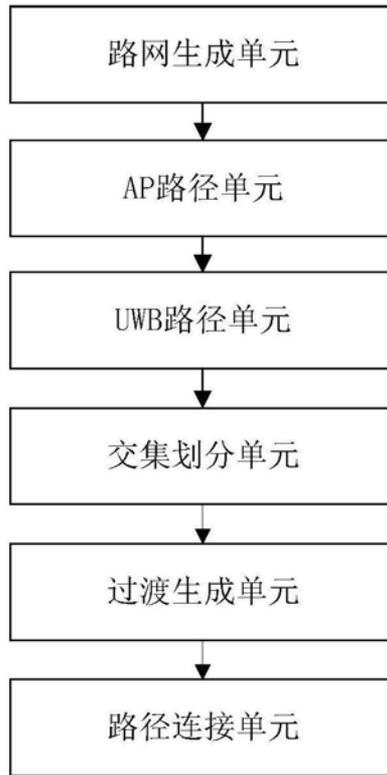


图2