**专利名称：一种地图匹配算法**

**申请人 ：南京邮电大学**

**发明人：柯昌博、张永超**

**第一发明人身份证号：**

本发明公开了一种地图匹配算法，解决了GPS轨迹与路网的匹配准确率与效率的问题。首先，利用路网数据构建三维KD树，将整个路网划分为多个域，再通过GPS轨迹数据在KD树中进行查找，确定若干候选点；其次，其次通过路网与GPS轨迹及其之间的关系进行位置上下文分析与相互影响建模，确定每个采样点对应的候选点的局部最优路径以及候选图；最后，通过每个候选点的局部最优路径以及候选图进行交互式边投票，计算出最终的匹配结果。



1. 一种基于交互式投票的地图匹配算法，包括以下步骤：

步骤1） 候选点匹配，首先进行候选路段匹配，本发明为提高候选点匹配的准确率与效率，将原始路网数据与GPS轨迹数据进行数据预处理，降低路网数据复杂度以及过滤GPS轨迹噪声，利用简化后的路网数据构建三维KD树并利用该树进行空间域搜索，得到每个采样点的若干候选路段；其次在选出候选路段的基础上进行候选点的计算，本发明使用web墨卡托投影计算每个采样点对应的若干候选点。

步骤 2） 位置上下文分析，GPS采样点与候选点之间以及相邻候选点之间都存在相关性，通过空间分析、时间分析以及道路分析对所有路径进行权重计算，并提出三个约束条件，当某些路径不满足所提出的约束条件时会被过滤，不参与后续计算，只有满足约束条件的路径才会被保留，参与下一步计算。

步骤3） 相互影响建模，连续的GPS采样点之间会相互影响，某一点越靠近一点，对该点的影响就越大。首先，根据筛选出的候选点创建候选图G，图中包含各个相邻采样点的候选点构成的路径，再以时间分析、空间分析以及道路分析为基础，构建静态评分矩阵M，根据矩阵M，相互影响建模为n-1为距离权重矩阵W。

步骤4） 交互式投票，首先通过遍历上述步骤生成的候选图，计算所有候选点的局部最优路径，局部最优路径可以反映最终匹配路径所经过的路径的可能性。如果路径XXX（用P表示）被更多的路径所包含，则路径P称为最终路径一部分的概率就越大；如果路径P没有被任何局部最优路径所包含，则最终匹配路径不包括该路径P；再根据每个候选点的局部最优路径，对每条路径进行投票，每两个相邻采样点之间的候选点形成的路径只选出一个票数最大的，最终选出票数最大的路径作为最终路径。

其中所述步骤1）具体如下：

步骤11）首先对原始GPS轨迹数据进行预处理，GPS轨迹数据一般为出租车生成的轨迹数据，在原始GPS轨迹数据中包含部分车辆静止时采集到的GPS点，需要删除这些点，因为车辆在静止时GPS设备采集的数据集中在某一个区域呈现不规则形状。在这种情况下，采样点之间的位置信息为概率性波动，这会干扰采样点间的相互影响，导致后续的计算中产生大量噪声且增加计算时长；然后对原始路网数据进行简化，现有的路网数据均为未优化的数据，在路口的表示上，通常有多少个道路交叉点就有多少个路口，如果某个交通岗道路很多，就会产生大量交叉点，进而增加路网中路口的数量，增加路网复杂度。应该将属于同一交通岗的所有道路交叉点合并为一个路口，这样可以简化路网数据，加快有关路网的计算，如查找最短路径以及其相关计算。

步骤 12）首先匹配候选路段，对于每个GPS采样点，，都有候选点，，其中为采样点个数，为候选点个数，本发明使用基于KD树的k近邻算法KNN来获取候选路段，将静态路网数据建模为三维KD树，然后通过KD树找出距离采样点最近的候选路段。为了将球面坐标系中的GPS数据应用到KNN算法，我们采用以下公式将采样点以及路网使用的球面坐标系转换为三维笛卡尔坐标系后，构建三维KD树。

其中，为地球半径，、分别为经度、纬度对应的弧度。在构建完三维KD树后，KNN算法使用采样点与候选路段之间的欧几里得距离以及车辆方向与候选路段方向之间的夹角来确定候选路段，其公式为：

其中，为时间表，与表示权重，表示车辆采样点与候选路段之间的垂直距离的贡献度：

其中为车辆位置，为车辆在候选路段上的投影位置，为位置误差的标准差。车辆行驶方向与候选路段间的方向夹角贡献度：

其中表示车辆的行驶方向，表示候选路段的方向，表示车辆方向与候选路段方向的夹角。车辆位置与候选路段之间的垂直距离使用海伦公式计算，其中分别为三角形的半周长以及3条边长。

步骤 13）根据候选路段的匹配结果，使用web墨卡托投影来确定候选路段上的候选点。考虑把地球椭球体假设为正球体，取地球半径，有，第一偏心率。web墨卡托投影公式为：

车辆采样点与候选路段之间存在两种关系：一是过采样点且垂直于路段的线段与该路段相交，这种关系候选点为垂线与路段的交点；另一种关系是过采样点且垂直于路段的线段与该路段不相交，这种情况候选点只能选择距离采样点最近的候选路段的端点。将采样点以及与其对应的候选路段通过web墨卡托投影到平面坐标系后，根据上述车辆采样点与候选路段之间的关系，选出对应候选路段的候选点。

所述步骤 2）具体如下：

步骤21）GPS点的测量误差满足高斯分布，其观测概率为：。其中是采样点的候选点，是从候选到采样点的欧几里德距离。从候选点到候选点的空间分析函数定义为：

其中是过渡概率。目的是测量两个连续候选点之间的最短路径和直路径的相似性。定义为：

其中是采样点到采样点的欧几里得距离，是从候选到的最短路径的长度。

步骤22）在没有交通事故的情况下，车速一般接近道路限速。因此，适当的时间分析函数应在道路限速附近获得最大值。时间分析函数定义为：

其中是从候选点到的最短路径的加权速度限制，是沿着候选点至之间最短路径行驶的车辆的平均速度。

步骤23）在地图中，道路通常被分为几个级别，每个级别都有不同的道路限速。高架路的水平高于地面道路，即高架路的限速大于地面道路。因此，我们使用道路水平因子来模拟车辆在高限速道路上停留的趋势。的道路水平系数（RLF）定义为：

其中和表示和所在道路的速度限制。综上，路径的综合权重函数为：

步骤24）首先，在真实的路网结构中，两个连续采样点的候选点之间可能没有可达道路；其次，根据大量实验结论，错误匹配路径权重值总是小于，而正确匹配路径的权重值总是大于；最后，路网结构不是平面的，可能有立交桥或城市环岛等立体结构，而投影的结果是在平面坐标系中，因此，可能会将真正属于被遮挡道路的候选点投影到了其上面的道路上。结合以上三点分析，为了过滤错误数据减少后续计算负担，我们提出了以下三个约束：

约束1：

相邻采样点的各个候选点之间的连通性需符合真实路网结构，可在路网结构中查询到最短路径，即匹配路径在路网结构中真实存在且能够在合理时间内可到达。

约束2：

设两个相邻匹配点的候选点之间的权重的阈值。当路径的权重小于时则被视为错误匹配路径，此路径不参与后续计算。

约束3：

可以根据不通道路拥有不通的限速这一特性，通过车辆的行驶速度与道路限速的关系进行判断。设为车辆沿着候选点到候选点之间最短路径行驶的平均速度，为所经过的所有道路的加权平均限速。当，时，其中，路径被视为错误的匹配路径。

所述步骤 3）具体如下：

步骤31）我们以上一节提出的位置上下文分析为建模基础，采用空间分析以及时间分析两个方面来衡量两个连续候选点之间的影响。在计算各个采样点对应的各个候选点之间相互影响的权重之前，我们构建了一个静态评分矩阵：

其中，此静态评分矩阵中的每个项目仅考虑两个连续点的信息，表示候选点的权重。并不反映它们之间的相互影响。因此，我们可以将其构建为静态矩阵，以减少计算相互影响的权重时的计算负担。

步骤32）我们将采样点间的相互影响建模为维距离权重矩阵，定义如下：

其中，和是和之间的欧几里德距离，是相对于道路网的参数。此矩阵给出了所有其他点到的距离影响的权重。对于受距离影响的权重可计算为：

步骤33）在得到每个采样点的权重矩阵后，我们根据上一节筛选出的候选点创建候候选图，其中表示各个采样点的候选点集合，表示前一个采样点的候选点到当前采样点的候选点之间的路径集合，通过上一节的分析可知，路径到必须同时满足三个约束条件时才会存在边，每个节点都拥有观测概率属性，即表示该候选点与其采样点的观测概率，每条边都拥有累积权重与投票数属性，用于后续投票计数。

所述步骤 4）具体如下：

步骤41）局部最优路径可以反映最终匹配路径所经过的路径的可能性。如果路径（用表示）被更多的路径所包含，则路径称为最终路径一部分的概率就越大；如果路径没有被任何局部最优路径所包含，则最终匹配路径不包括该路径P。对于采样点的每个候选点，其中为采样点个数，为设置的候选点个数，遍历每个候选点，当一个候选点被遍历时，我们假设该候选点就是最终匹配阶级过中正确的匹配点，找到一条通过点的概率最大的路径作为局部最优路径。累计权重。是的权重，受和的距离影响。计算所有点的累计权重后，即可得到每个候选点的局部最优路径。

步骤42）在找到每个候选点的局部最优路径后，我们得到了一组局部最优路径。通过对每一个点的局部最优路径进行投票，选出投票数最多的一条路径作为最终匹配的路径。具体的：遍历第四阶段生成的候选图，对图的所有边进行投票，最后筛选出每两个相邻采样点中投票最多的子路径作为最终匹配子路径，最后，所有子路径拼接成最终的最优匹配路径。

**一种基于机器视觉和区域特征提取技术的智能小车二维定位方法**

**技术领域**

本发明涉及目标定位领域，是一种基于机器视觉与特征识别的目标定位方法。

**背景技术**

机器视觉就是利用机器来代替人眼做测量和判断，通过机器视觉产品（即图像摄取装置。分CMOS和CCD两种）将将被摄取目标转换成图像信号，传送给专用的图像处理系统，根据像素分布和颜色、灰度等信息，转变成数字化信号；图像系统对这些信号进行各种运算来抽取目标的特征，进而根据判别的结果来控制现场的设备动作。

机器视觉技术具备可以用做定位功能的潜力，能够根据经过处理的数字信号和自身参数的数学关系，自动判断物体的位置，并将位置信息通过一定的通讯协议输出。

最大稳定极值区域MSER(Maximally Stable Extrernal Regions)是区域特征提取中影响最大的算法，出自论文J.Matas. “Robust Wide Baseline Stereo from Maximally Stable Extremal Regions”,BMVC2002。在区域特征提取技术中，需要对机器视觉所摄取到的图像做灰度处理，即将彩色图像装换为具有灰度梯度的二值化图像，二值化阈值取[0,255],这样二值化图像就经历一个从全黑到全白的过程，就像水位不断上升的俯瞰图，在这个上升过程中，有些连通区域面积随阈值上升的变化很小，这种区域就叫MSER。

 (1)

其中表示第个连通区域的面积，表示微小的阈值变化，可以根据对特征的提前采样设置。当小于给定阈值时认为该区域为MSER。显然，这样检测得到的MSER内部灰度值是小于边界的，想象一副黑色背景白色区域的图片，显然这个区域是检测不到的。因此对原图进行一次MSER检测后需要将其反转，再做一次MSER检测，两次操作又称MSER+和MSER-。

在2008年David Nister等人提出了Linear Time Maximally Stable Extremal Regions算法，该算法要比原著提出的算法快，OpenCV就是利用该算法实现MSER的。但这里要说明一点的是，OpenCV不是利用公式(1)计算MSER的，而是利用更易于实现的改进公式： ，即将面积变化的计算方式从双边改为单边检测。

**发明内容**

本发明公开了一种基于机器视觉和区域特征提取技术(MSER)的智能小车二维定位方法，根据从视觉传感器捕获的图像中提取出的特征点坐标信息与视觉传感器的自身参数的三角关系，解决对目标的二维定位。

本发明为解决上述技术问题采用以下技术方案：

根据本发明提出的一种基于机器视觉和区域特征提取技术的智能小车定位方法，包括以下步骤：

步骤1） 为待定位智能小车设置LED灯作为智能小车的特征标记，给定目标操作域，并将机器视觉装置放置在操作域的中心，所述机器视觉装置是由用于采集图像的双摄像头与、用于控制双摄像头与旋转的舵机和用于处理图像信息的运算系统组成。

步骤 2） 启动机器视觉装置，运算系统建立起以双摄像头和的连线为轴，以垂直于和连线中点的直线为轴的直角坐标系，设置时序，设置转动标记，将智能小车放置于机器视觉装置的视场中，启动智能小车。

步骤3） 机器视觉装置采集图像，并将图像传输到运算系统中。运算系统利用最大稳定极值区域算法对接收到的图像进行特征标记的特征像素集和的提取，所述和分别为摄像头C1与摄像头C2所采集图像的特征像素集，为特征像素在图像中的坐标。所述最大稳定极值区域算法是一种对图像进行灰度级的门限化处理得到其数字化灰度图像并逐一访问所得灰度图像中所有像素点，将满足阈值条件的像素点的坐标返回到调用处的区域特征提取算法。

步骤4） 特征标记在图像中的坐标计算；

步骤4.1） 当步骤3）中的最大稳定极值区域算法提取到特征像素集，对步骤3中提取到的特征像素集和中所有的像素点的横坐标取平均值，用做特征标记在图像中的横坐标和，即 ,  。

步骤4.2） 统一特征标记横坐标和和摄像头焦距量纲，即将和除以摄像头的，即，，为的具体数值，单位是像素/英寸。

步骤4.3） 当步骤3）中的最大稳定极值区域算法未提取到特征像素集，则运算系统检测在上一时序，智能体出现时所计算得到的与，所述与分别为无人小车与摄像头和连线与摄像头和和坐标原点连线的夹角。

步骤4.3.1） 当>,则舵机控制机器视觉装置逆时针转动，记录下转动角度，所述角度可由舵机读取。并设置转动标记。返回步骤3）。

步骤4.3.2）当,则舵机控制机器视觉装置顺时针转动，记录下转动角度。并设置转动标记。返回步骤3）。

步骤5） 计算特征标记与摄像头和的连线和摄像头和与所建坐标系的坐标原点的连线的夹角与，有=，=。所述公式中为摄像头所采集图像的横向长度，单位为像素。

步骤6） 计算智能小车在时序时相对于摄像头和的坐标，智能小车的相对坐标满足，=，=。

步骤7） 计算智能小车在坐标系中的绝对坐标；

步骤7.1） 检测转动标记，当，则即为绝对坐标，有时序为时，智能体在所建坐标系中的坐标为。

步骤7.2） 检测转动标记，当，则需要将相对坐标投影至原坐标系，投影关系如下：

。

步骤8）运算系统更新智能小车坐标，和。检测是否终止定位，若未终止，设置时序，返回步骤3）。

作为本发明所述的一种基于机器视觉和区域特征提取技术的单目标二维定位方法，其特征在于，对图像灰度具有仿射变换的不变性。

作为本发明所述的一种基于机器视觉和区域特征提取技术的单目标二维定位方法，其特征在于，具有较高的稳定性，即只有具有相同阈值范围内所支持的区域才会被选择。

作为本发明所述的一种基于机器视觉和区域特征提取技术的单目标二维定位方法，其特征在于，无需任何平滑处理就可以实现多尺度检测，即小的和大的结构都可以被检测到。

作为本发明所述的一种基于机器视觉和区域特征提取技术的单目标二维定位方法，其特征在于，采用改进之后的MSER算法，用代替了原有的，即将双边检测改为单边检测，提高了效率和速度。

作为本发明所述的一种基于机器视觉和区域特征提取技术的单目标二维定位方法，其特征在于，利用平均值X1= ,X2=来作为特征点的坐标，降低了噪点对特征点判断的影响。

**附图说明**

**具体实施方式**

设置时序，设定初试阈值，从采样中获得特征的阈值，具体操作如下：

int setvi(){

int n;

printf("请设定阈值v=");

scanf("%d",&n);

return n;

}

遍历并访问所采集图像中的所有像素点，逐一和默认阈值比较，判断是否加入特征集。特征集的定义如下：

typedef struct FeatureSet{

int x,y;

FeatureSet \*p;

}FeatureSet;

遍历比较算法如下：

for(int x=0;x<pic.length;x++){

for(int y=0;y<pic.high;y++){

FeatureSet temp;

FeatureSet \*p;

p=\*temp;

temp.x=x;

temp.y=y;

if(v-d<=getv(x,y)<=v+d){

temp.p=p;

}

else{

free(p)

}

}

}

其中对图像中所有的像素点进行遍历，算法中的getv(x,y)函数用于返回特定点的阈值，d为可允许的阈值误差，若所遍历到的像素点的阈值在误差范围内，则特征集加入该点，如不满足，则释放该点。

在遍历完成之后，需要对特征集进行判断是否检测到特征，当特征集为空、特征集包含像素点过少或者所包含像素点的偏差较大时，判断为未检测到特征。算法如下：

int length;

length=getSetlen(s);

if(length==0){

printf("未检测到特征！")；

return false;

}

while(s!=NULL){

bool i;

int n=0;

FeatureSet q,d;

q=s;

while(q!=0){

i=judge(p,s);

if(i){

n++;

}

q=q.p;

}

if((n/length)>0.95){

d=p;

s=s.p;

move(d);

}

}

length=getSetlen(s)

if(length<=20){

return false;

}

在对特征集进行判断之后，若判断结果为未检测到特征点，则系统控制舵机旋转，记录旋转角度，并置转动标记为1，继续进行图像摄取。若判断结果为检测到特征点，则继续。

对提取到的特征集取平均值，即= =1,2, 将和除以摄像头的DPI，统一和摄像头焦距f的量纲，即=\*25.4(mm) ，=\*25.4(mm) ,K为DPI的具体数值，单位为 。利用 ，以及摄像头的自身参数焦距和所摄取到的图像大小L计算得到特征点与两个摄像头的夹角与。有= ，=。

进而可计算得到特征点的相对坐标，满足，= ，=。检查转动标记，如果转动标记为0，则相对坐标就是绝对坐标，即=，继续执行。如果转动标记为1，则还需将相对坐标投影至原坐标系中，具体的投影关系如下：

(x, y)= 。

最后检测终止信号，若未检测到终止信号，则时序，进入下一次循环。



图1