

基于蚁群算法的智能停车场引导系统^①

张晶晶, 薛 伟

(江南大学 物联网工程学院, 无锡 214122)

通讯作者: 张晶晶, E-mail: anandashi@163.com

摘 要: 针对传统停车场存在的人工管理效率低, 停车不方便等问题, 利用物联网相关技术, 将软件、硬件相结合实现停车场自动化管理系统. 停车场内利用超声波传感器对停车场内车位状态检测, 并将车位信息通过 ZigBee 无线传输方式传输至上位机, 上位机通过蚁群算法对停车场实际车位的情况求解最优停车位路线. 传统的蚁群算法在求解过程中容易出现死锁、停滞甚至无解的情况, 本文根据停车场建立的结构模型改进基本蚁群算法, 利用改进过的蚁群算法求解停车场的最优停车位. 最后上位机根据得到的最优结果通过 TCP/IP 通信方式向显示屏发送左、前、右指令来诱导驾驶者行驶至最佳停车位置.

关键词: 超声波传感器; ZigBee; 上位机; 改进蚁群算法; 最优停车位

引用格式: 张晶晶, 薛伟. 基于蚁群算法的智能停车场引导系统. 计算机系统应用, 2018, 27(7): 108-112. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/6419.html>

Intelligent Parking Guidance System Based on Ant Colony Algorithm

ZHANG Jing-Jing, XUE Wei

(School of Internet of Things Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The purpose of this study is to solve the problems existing in the traditional parking lots, such as inefficient parking, inconvenient parking, and so on, using IoT-related technologies, combining software and hardware to realize the parking automation management system. In the parking lot, ultrasonic parking sensors check parking status and transmit parking status information to the host computer through ZigBee wireless network. According to the actual parking status information, the upper computer uses ant colony algorithm to calculate the best parking route for best parking space. Deadlock, stagnant or even no solution situation is easy to appear in the traditional ant colony algorithm's solving process. Therefore, in this study, the traditional ant colony algorithm is improved according to the structural model established by the parking lot in solving the optimal parking space in parking lot. Finally, according to best parking route, the upper computer via TCP/IP network protocol sends the instructions of left, front, or right to display to the driver to the best parking position.

Key words: ultrasonic sensor; ZigBee; host computer; improved ant colony; optimal parking space

1 引言

现在许多大型停车场依旧是传统的人工管理停车场方式, 而人工管理停车场存在很多问题. 停车场内剩余车位信息“不透明”, 没有被占用的车位位置不明确, 车主停车时无法及时找到空余停车位, 这就造成停

场利用率低下^[1]. 除此之外, 驾驶员在停车场内迂回地寻找车位一方面容易造成停车场内车辆拥堵, 另一方面大量汽车在寻找车位时排放的汽车尾气容易造成空气污染^[2]. 本文针对这一问题, 设计了智能停车场. 智能停车场内的每个车位上空放置超声波车位传感器采集

① 基金项目: 国家自然科学基金 (61374047)

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (61374047)

收稿时间: 2017-11-07; 修改时间: 2017-11-29; 采用时间: 2017-12-01; csa 在线出版时间: 2018-06-27

车位信息,并通过 ZigBee 无线网络传输信息^[3]. 停车场内的管理系统^[4]采用 Microsoft Visual Studio 平台设计,主要完成车位信息的处理和存储. 停车场内岔路口处有方向显示屏,显示左、前、右方向信息,指引泊车者行进方向,将车停至最佳停车位置. 这个智能停车诱导系统就能避免泊车者在停车场盲目寻找车位,减少了汽车在寻找车位时在道路上迂回浪费的时间,缓解道路空间,节约资源,同时也减轻工作人员的负担,降低人工成本,提高停车场的利用率.

2 系统总体设计

本文提出了一种基于蚁群算法的智能停车诱导系统,该系统采用的技术方案包括超声波车位检测, ZigBee 无线传输协议, VS 平台软件开发. 该智能停车场系统包括上位机综合管理,空车位检测,车辆引导等功能. 总体结构框图如图 1 所示.

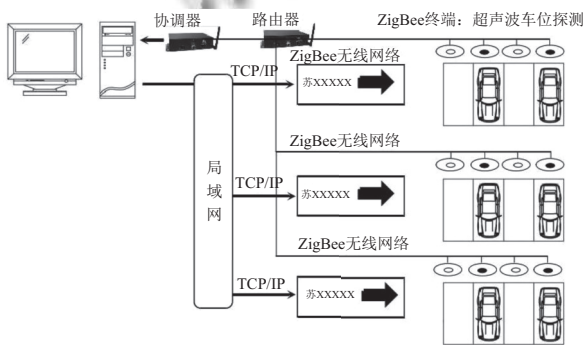


图 1 系统总体框架图

2.1 ZigBee 无线模块与超声波车位探测

超声波车位传感是基于 ZigBee 终端模块设计的,采用 HC-SR04 超声波测距模块检测距离,放置在距离车位上空 3.5 m 处的位置. 模块的发射器发送 8 个 40 kHz 的方波自动检测,如果发现有障碍物则接收器接受返回的信号. 汽车高度范围在 1.3–2.2 m 之间,所以如果检测到 1.3–2.2 m 处有障碍物代表车位有车红灯亮,否则绿灯亮.

ZigBee 无线模块包括终端、路由器、协调器都是采用 TI 公司生产的以 CC2530 芯片为核心,CC2530 芯片^[5]支持 IEEE802.15.4 标准、ZigBee 标准、ZigBee RF4CE 标准的无线传感器网络协议,具有优秀的接收器灵敏度和健壮抗干扰性,支持低功耗的无线通信.

无线传输网络采用 Z-Stack 协议栈,Z-Stack 包含

了网状拓扑的几乎全部功能的协议栈,开发者可以很容易地开发出具体的应用程序. 在本系统选择了树状网络拓扑结构,首先协调器节点负责建立一个网络和整合数据信息,终端节点负责加入网络和通过无线传输的方式将接收的超声波车位检测信息上传至父节点,经过路由器节点上传至协调器. 如图 2 包括终端(即基于 ZigBee 模块的超声波车位传感器)、路由器、协调器.

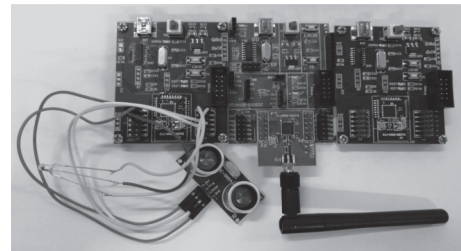


图 2 ZigBee 模块

2.2 改进蚁群算法与管理平台

2.2.1 改进蚁群算法

如图 3 所示的简易停车场平面结构图,根据图显示的停车场平面图建立停车场抽象模型. 为建立停车场车位模型将图中的有两条及以上行车方向的交叉路口,以及各个停车位作为节点. 将各个可相通的交叉路口之间的路段和各个停车位到与之相通的交叉路口的路段作为边.

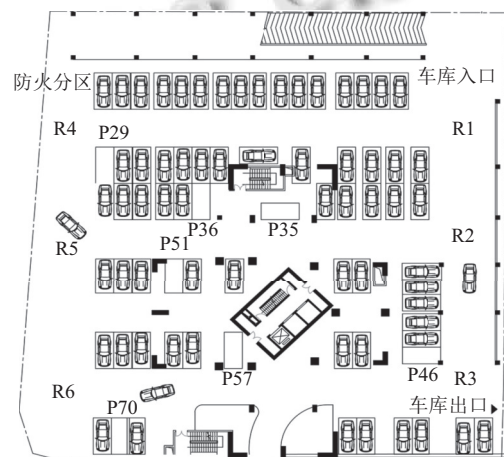


图 3 停车场平面结构图

如图 4 所示的停车场抽象模型,边权构成网状结构图转化为带权有向图 $G=(V, E)$,其中 V 是包含所有节点的集合, E 表示所有包含边(弧段)的集合. 图中 $R_i(1 \leq i \leq 6)$ 是停车场的各个岔路口节点,其中 $R1$ 作为

停车场的入口节点, R3 作为停车场的出口节点, 图中的 P29, P32 等代表的是剩余空车位节点. 蚁群算法计算从停车场入口 R1 到各个空余停车位的距离, 然后进行比较得出最短路径, 获得最优停车位以及到达该停车位的路线, 所以建立边权的权值就是各个部分的实际距离. 边权的构建包含两个方面, 一个是各个交叉路口之间的边权 (即交叉路口之间的距离), 采用符号 $W<R_i, R_j>(1 \leq i, j \leq 6)$ 表示; 另一个是交叉路口到具体停车位的边权采用符号 $W<R_i, P_k>(1 \leq i \leq 6)(k=1, 2, 3, \dots)$ 表示.

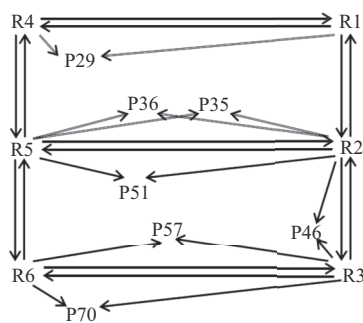


图4 带权有向图

基本蚁群算法是一种源于大自然生物世界的新的仿生进化算法, 模拟自然界中蚂蚁集体寻径行为而提出的一种基于种群的启发式随机搜索算法^[6]. 蚂蚁在寻找食物的行进过程中在其走过的路径上释放信息素, 随着时间的推移, 路径上的信息素会挥发, 后来的蚂蚁会根据信息素的强度来决定选择该路径的概率. 根据真实蚁群在搜索食物时解决最短路径的问题的方式, 可以构建人工蚁群解决本文的最短路径问题.

基本蚁群算法应用在停车场的应用中会出现一些问题, 例如死锁, 停滞, 甚至无解 (即无法到达指定终点无法得出结果) 的情况. 针对上述问题并且为了更好地应用于停车场的情况, 对传统蚁群算法进行改进, 主要包括三个方面: MAX-MIN Ant System^[7] (最大-最小蚂蚁系统), 局部信息素更新^[8]和撤退方法. 这样既能搜索更大的解空间, 又能使系统陷入局部最优后跳出停滞状态. 而为了增加蚂蚁的全局搜索性, 并且能够有机会选择更多的路径方向, 在选择下一步的转移规则中增加轮盘赌算法.

(1) MAX-MIN Ant System

最大最小蚂蚁系统为了充分利用当前循环中的最

优解, 在每次循环之后, 得到的最优解的蚂蚁走过的路径进行信息素更新. 除此之外, 将每条路径上的信息素的值域范围限制在 $[\tau_{min}, \tau_{max}]$ 区间内, 这就避免过多蚂蚁行进相同路径而使得路径上的信息素远远高于其他边, 而导致再次吸引更多的蚂蚁在同路径上行进.

(2) 局部信息素更新

最大最小蚂蚁系统中, 只更新每次循环中最优解路径上的信息素, 而为了更好地搜索到最优解, 本文在系统中增加局部更新规则, 如式 (1) 所示:

$$\tau_{ij}(t+n) = (1-\rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \rho\tau_0 \quad (1)$$

其中, τ_0 表示是各个路径的信息素的初始值, 那么全局最优蚂蚁的信息素的更新规则如式 (2) 所示:

$$\tau_{ij}(t+n) = (1-\rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij} \quad (2)$$

$$\Delta\tau_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{L_{best}}, & \text{当蚂蚁}k\text{在本次迭代中经过边}ij\text{时} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

其中, L_{best} 表示最优路径的长度.

(3) 撤退方法

蚁群算法在停车场结构图的应用中易出现无解的情况, 例如一个路径的终点是 R3, 而蚂蚁在行动中走的路线是 R1→R2→R5→R4, 蚁群算法在运行中要求一个节点只能走一次, 那么如果出现上述的路线, 蚂蚁将无法走到终点 R3. 为了解决这个问题提出了撤退方法, 如果过程中出现上述类似问题, 将蚂蚁的走向退回到 R5 节点, 并且将 R5→R4 路段上的信息素更新为零, 利用轮盘赌算法再次为蚂蚁重新选择下一节点, 避免蚂蚁重复上述路段, 直至有路线能够到达终点.

2.2.2 算法执行步骤及实验结果

Step1. 建立停车场平面图模型, 利用贪婪算法规划出一条从初始点到终点的初始路径, 然后计算出 τ_0 .

Step2. 蚁群参数初始化, 设置参数 $m, \alpha, \beta, \rho, Q$ 的值, 令循环次数 $Nc=0$ 和 $\tau=\tau_{max}$, 设置最大迭代次数 G , 将 m 只蚂蚁置于初始节点.

Step3. 蚁群算法开始搜索, 当前蚂蚁节点 i , 按照如下公式和轮盘赌算法计算下一节点 j :

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{s \in J_k(i)} [\tau_{is}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{is}(t)]^\beta}, & \text{当}j \in J_k(i)\text{时} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

Step4. 判断下一节点 j 是否确定, 如果无法取得 j 则选择撤退方法, 再返回到 Step4 并且路径上信息素更新为 0. 如果下一节点 j 确定, 蚂蚁要对刚走过的路径 $\langle i, j \rangle$ 上的信息素按照式 (1) 进行局部信息素更新, 并将该节点放入路径表中.

Step5. 判断蚂蚁是否达到终点, 若达到终点则转到 Step6, 否则转到 Step3.

Step6. 统计当前 m 只蚂蚁搜索到的最优路径, 选出最短路径, 并将此路线上的信息素通过式 (2) 局部更新和式 (3) 进行全局最优蚂蚁的信息素更新.

Step7. 若满足结束条件, 即循环次数 $N_c \geq G$, 则程序结束并输出最优结果, 否则清空禁忌表并转至 Step3.

根据建立的停车场模型, 搜索最优停车位, 编程环境 VS2013. 设置 $m=50, \rho=0.5, \alpha=1, \beta=2, G=300$. 根据上述步骤得出实验步骤, 结果如表 1 所示.

表 1 停车场仿真实验结果

车位	最优路径路线	路径长度 (m)
P29	(S) R1→P29	61
P35	(S) R1→R2→P35	52
P36	(S) R1→R2→P36	65
P46	(S) R1→R2→P46	43
P51	(S) R1→R2→P51	69
P57	(S) R1→R2→P57	87
P70	(S) R1→R2→P70	108

实验结果表明, 最佳车位是 P46, 路线 (S)R1→R2→P46.

2.2.3 管理员平台

管理员平台作为主控机一般采用 PC 机, 放置在中央控制室, 该上位机主要用来进行人机交互, 并在无线局域网内向显示屏发送方向命令. 我们采用 Visual Studio2013 在 Windows 平台上对上位机人机交互界面进行设计, 使用 .Net 框架下的 TCP 传输协议建立 TCP 通信, 设置 IP 地址以及端口号方便与显示屏建立连接.

具体实现功能, 接收、处理和存储下位机上传的车位信息, 将车位信息内容展示在上位机平台上, 如图 5 的上位机管理员界面, 红色 (图中深色着色) 代表此车位已被占用, 绿色 (图中浅色着色) 代表车位状态是空闲. 上位机内部统计车位节点信息, 通过改进蚁群算法计算出最优停车路线并保存在数据库中, 为方向引导屏提供信息支持, 以及显示剩余车位信息.

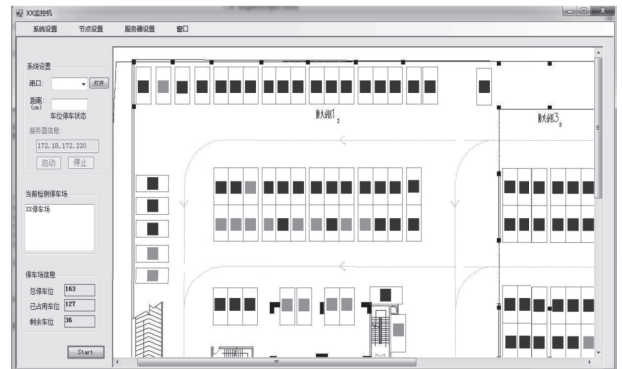


图 5 管理员界面

2.3 方向引导屏

采用 Visual Studio2013 在 Windows 平台设置的显示屏悬挂在停车场内岔路口上方, 显示屏输入 IP 地址与端口号以及所在岔路口的节点名称在局域网内与服务器建立通信, 接收从管理员服务器的信息, 指引驾驶员行驶到达最优的停车位置.

如图 6 所示, 图 6 的引导屏位于停车场入口的 R1 位置, 假定停车场先后进入两辆停车场, 获得两辆车的车牌号分别为苏 B01010 和苏 B02020, 由蚁群算法得出的最优的停车位是 P29, 所以为第一位驾驶员指向前行驶方向, 指引第一位驾驶员将车停至 P29 车位. 在假定第一停车位已经被占用的情况下, 为第二辆车分配最佳车位 P35, 到达 P35 停车位经过的拐角路径是 R1→R2, 所以在 R1 入口处为苏 B02020 车辆指引向左行驶方向, 将苏 B02020 车辆指引至 R2 节点处, 再由 R2 节点处的引导屏指引车辆停至 P35 车位.

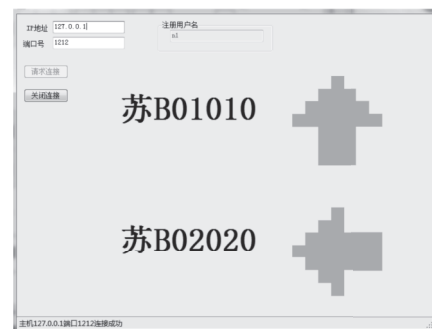


图 6 方向引导屏

3 结论

针对停车场内停车难问题, 在停车位上方安装超声波告诉泊车者车位信息; 提出用蚁群算法解决场内

最优解问题, 针对停车场的模型对蚁群算法进行优化改进, 使改进后的蚁群算法能更好应用在停车场; 上位机通过改进的蚁群算法计算出距离停车场入口最近的空闲停车位, 并得出具体路线, 通过 TCP/IP 通信方式向方向指引屏传输信息诱导驾驶员行驶至最佳停车位. 本系统的设计能够避免驾驶员在停车场内盲目寻找停车位, 实现了对车位智能诱导功能, 有效地提高停车场的运行效率.

参考文献

- 1 吕田. 智能停车场管理系统的设计与实现[硕士学位论文]. 西安: 西安工业大学, 2016.
- 2 江东. 汽车尾气排放对环境的污染、危害与防治对策. 四川劳动保障, 2017, (4): 27.
- 3 刘维波. 基于 Zigbee 无线传感网络的超声波车位检测系统 [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2011.
- 4 王珏辉, 刘旨阳, 康佩. 城市室内停车管理系统的设计. 电子制作, 2015, (12): 236–237. [doi: 10.3969/j.issn.1006-5059.2015.12.197]
- 5 章伟聪, 俞新武, 李忠成. 基于 CC2530 及 ZigBee 协议栈设计无线网络传感器节点. 计算机系统应用, 2011, 20(7): 184–187, 120.
- 6 Dorigo M, Maniezzo V, Colomi A. Ant system: Optimization by a colony of cooperating agents. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), 1996, 26(1): 29–41. [doi: 10.1109/3477.484436]
- 7 Yu JP, Wang CE. A max-min ant colony system for assembly sequence planning. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2013, 67(9–12): 2819–2835. [doi: 10.1007/s00170-012-4695-x]
- 8 余慧. 蚁群算法优化——基于局部信息素更新. 湖北第二师范学院学报, 2012, 29(8): 9–12.