

# 停车泊位动态分配算法的研究

窦亚星<sup>1</sup>, 张明明<sup>2</sup>, 张杰<sup>1</sup>, 樊霄艳<sup>1</sup>

(1. 郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院, 河南 郑州 450001;

2. 河南中烟工业有限责任公司 信息中心, 河南 郑州 450000)

**摘要:**针对大型智能停车场车位众多,如何对车位进行合理分配从而让用户快速找到适合自己的车位的问题,设计了基于停车场内车位动态分配算法的车位信息采集与发布系统.其核心是建立的table表与车位形成对应关系,为停车场空闲车位的均匀分布和行车路径选择一个平衡点.仿真结果证明了该算法的合理性.

**关键词:**智能停车;车位预订;车位动态分配

**中图分类号:**TU248.3 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2012.06.007

## Study on dynamic distribution algorithm in parking

DOU Ya-xing<sup>1</sup>, ZHANG Ming-ming<sup>2</sup>, ZHANG Jie<sup>1</sup>, FAN Xiao-yan<sup>1</sup>

(1. College of Computer and Communication Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China;

2. Information Center, China Tobacco He'nan Industry Limited Company, Zhengzhou 450000, China)

**Abstract:** Large-scale parking lot owns numerous spaces, how to distribute parking spaces and make users get suitable parking spaces is problem which should be resolved instantly. So a parking spaces information acquisition and release system was designed based on dynamic distribution algorithm. The research distribution strategy of the spaces in parking lot was to establish the correspondence of data table and parking spaces and it makes a balance point for the free spaces uniform distribution and the path weight. The simulation results verified that the algorithm is reasonable.

**Key words:** intelligent parking; parking reservation; parking dynamic distribution

## 0 引言

随着机动车数量的飞速增长,停车位短缺成为影响城市交通不可忽视的问题.停车泊位管理是智能交通管理的重要部分,它是动态交通管理的起点和延续<sup>[1]</sup>.据统计,城市交通中30%的车辆因为找不到停车位而在道路上缓行,既浪费了宝贵的时间,又加剧了道路拥堵.因此能够让用户快速找到适合自己的车位是解决交通拥堵的一项重要

措施<sup>[2]</sup>.

停车场的建设不断向大型化、智能化的方向发展.在大型购物中心、火车站等车辆停放密集场所,停车场一般拥有上千个车位,如何合理分配车位是一个难题.多数停车场采用的规则是随机停车,这种停车泊位方式不利于停车场的管理.国内外学者对如何运用优化算法在停车场内寻找最短路径的车位做了大量的研究.王一军等<sup>[3]</sup>采用蚁群算法求得入口到达停车位的最短路径,其所对应的车位定

收稿日期:2012-05-15

作者简介:窦亚星(1988—),男,河南省新乡市人,郑州轻工业学院硕士研究生,主要研究方向为计算机网络与智能控制.

通信作者:张杰(1972—),男,河南省郑州市人,郑州轻工业学院副教授,主要研究方向为计算机网络与智能控制.

义为最佳车位;刘子文等<sup>[4]</sup>采用新型的粒子群算法解决车位的诱导问题,即车辆如何到达距离最近的停车位.现有用户预订车位方法的研究集中在基于模糊逻辑的预约实时决策方法上<sup>[5-6]</sup>,在一定程度上可以解决用户预订车位的问题.然而在实际的停车泊位过程中,需要考虑的因素很多,如果仅仅按照最短路径停车,容易造成区域性拥挤,特别是入口处,因此现有最短路径导向的停车位管理不一定是最佳的.

鉴于此,本文拟提出一种新的停车泊位动态分配算法,考虑多方面因素,在保证停车场空闲车位均匀分布的基础上,为用户寻找最短停车路径,实时为无预定用户和预订用户选择最合适的停车区域.另外设计2种车位预订方式,同时制定对应的车位分配策略.

## 1 车位状态信息的数字化

### 1.1 采集内容

车位状态采集终端所采集的信息包括停车场内已有车辆数量及停放车位信息、已预订车位信息、空闲车位数量与位置信息、车辆进入停车场后是否驶入指定车位信息等.

假设停车场内共有  $n$  个车位,每个车位的空闲用  $P_{i0}$  表示,已停车用  $P_{i1}$  表示,已预订用  $P_{i2}$  表示,不开放用  $P_{i3}$  表示.

### 1.2 传输流程

车位状态信息采集与发布系统结构如图1所示.车位信息采集部分由传感器监控节点和汇聚节点2部分组成.车位传感器监控节点检查每个车位的状态,以多跳的方式将信息传递到汇聚节点;汇聚节点收集并且处理信息,通过网关传输到数据处理中心.用户通过网络接入信息发布平台,信息发布平台通过显示屏显示.

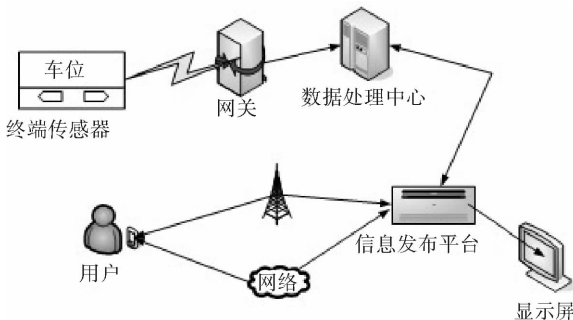


图1 车位状态信息采集与发布结构图

数据处理中心支持多种网络接入方式,提供标准化的接口使得数据传输易于实现,处于系统的核心地位,其主要作用是综合各种因素进行车位的分配,包括计算最佳停车位置  $P_{i0}$ , 预订车位以及对所有车位进行综合管理.

通过信息发布平台,用户可以查询所有车位的状态,进行车位预订,无预定用户到达停车场时可以通过显示屏得到最佳停车位的信息.

## 2 车位的分配算法

车位分配算法由在没有预订情况下用户进入停车场时的车位分配方法,以及用户预订车位后进入停车场时的车位分配方法两部分构成,两方法相结合更便于用户停车.

### 2.1 无预定车位的用户进入停车场

首先,将所有车位按照位置划分为  $w$  个区域,为了保证区域分割鲜明,每个区域总的车位数是不固定的.建立停车区域选择表 table,表内包含  $m$  行,每行代表1个区域.  $m$  与  $w$  的关系应满足

$$c \cdot m = w \quad c \in R$$

式中,  $R$  为非负整数集合.为了确保进入停车场的车辆分布均匀且具有一定的规律,区域与 table 之间的对应方式应满足

$$w_j = c \cdot m + i \quad c \in R, i \in [0, m - 1]$$

将多个区域有效地结合起来,table 表格对应指定的区域,简单方便.由于区域内车位数目都不多,一般为几十个,可以采用用户自主选择的方式选择空闲车位,一方面可以减少算法的复杂度,另一方面可以增加用户的车位选择权.

每一次只能有一个区域对应到 table 的相应行内,其替换策略是比较能够进入 table 对应行的所有区域的车位空闲率  $\eta$  的大小,空闲率最大的进入到 table 的对应行.每当一辆车驶入停车场,空闲率  $\eta$  就发生变化,重新比较  $\eta$ ,进行替换.

$$\eta_{\max} = \begin{cases} \max \{ \eta_i, \eta_{m+i}, \eta_{2m+i}, \dots, \eta_{(c-1)m+i} \} & i \geq 1 \\ \max \{ \eta_0, \eta_m, \eta_{2m}, \dots, \eta_{cm} \} & i = 0 \end{cases}$$

此时,在 table 表格中的每一行存放的都是最大空闲率的区域.若直接比较每一行  $\eta_{\max}$  的大小来确定停车区域,则陷入了完全按照空闲率停车的思路,在实际的应用中,停车时间也是一项重要的因素.一方面要保证停车场管理方便及空闲车位均匀

分布,另一方面也应使用户在最短的时间内停车. 考虑到停车场内影响行驶车辆停车时间的主要因素为路径的长短,因此可以将求最短时间的问题等效转化为求最短路径的问题.

大型停车场一般有多个出入口,各个出入口到达每个区域的最短路径都不相同,因此在每一个出入口处的数据是不一样的. 考虑车辆在停车场内行驶的总路径,车辆进入时的入口是一定的,而驶出往往是寻找最近的出口. 设在某一个入口处到达第  $j$  个区域的最短路径为  $d_j$ ,此区域到最近的出口的距离为  $l_j$ . 为了寻求车位空闲率最大、路径最短的区域,引入公式

$$\gamma_i = \frac{\eta_{\max}}{\rho \cdot d_j + (1 - \rho) \cdot l_j} \theta \quad \rho \in [0, 1]$$

式中,  $\theta$  为比例参数,取常数;  $\rho$  为出入路径比重参数. table 表中每一行对应一个权值  $\gamma_i$ , 比较各行  $\gamma_i$  的大小,其中最大  $\gamma_i$  对应的区域就是下一辆车应该停放区域;若最大  $\gamma_i$  值相同,则选择距离入口最近的区域.

### 2.2 用户预订车位的分配

车位预订可以避免用户在路上盲目地寻找停车位,使用户放心地出行. 本文提出 2 种预订方式,分别为实时性预订和排队性预订,如图 2 所示.

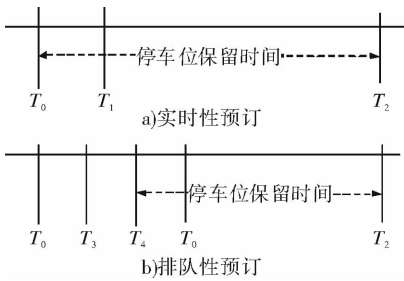


图 2 2 种预订方式比较图

**2.2.1 实时性预订** 由图 2a) 可知,  $T_0$  表示用户预订车位的时刻,  $T_1$  表示用户计划进入停车场的时刻,  $T_2$  表示用户离开停车场的时刻. 用户在  $T_0$  时刻查询、预订车位,估计到达停车场的时刻  $T_1$ ,预定时用户需要根据电子地图选择停车场入口,数据处理中心按照上述寻找最大权值  $\gamma_i$  的方法为用户分配停车区域.

若预订成功,对应区域空闲车位数目减少 1 位,停车场内一直为用户保留车位,直到用户到达,用户所付的费用为  $T_0$  到  $T_2$  时间段的费用. 若在  $T_1$  时刻用户未到达,则取消车位预订,只需扣除用户  $T_0$  到  $T_1$  时间段的费用. 实时性预订适合离停车场路程

较近,或者有急事停车的用户,此种预订方式可以保证用户到达停车场就有车位. 为了防止车位长时间在预订状态,实时性预订需要规定  $T_0$  到  $T_1$  的时间上限.

**2.2.2 排队性预订** 此方法比较复杂,为了提高停车场的车位利用率,用户发送预订请求后,数据处理中心不需立即为用户安排车位,而是根据用户到达的时间为用户安排车位. 如图 2b) 所示,  $T_0$  表示用户开始预订的时刻,  $T_1$  表示用户计划进入停车场的时刻,  $T_2$  表示用户离开停车场的时刻,  $T_3$  表示开始为用户分配车位的时刻,  $T_4$  表示为用户分配好车位的时刻. 具体方法如下: 将一天平均分为若干个时段,每个时段的长度为  $t$ .

1) 用户查询停车场空位,在  $T_0$  时刻发送预订请求,预计车辆到达时间是  $T_1$  时刻.

2) 数据处理中心接到用户发送的预订请求后,判断  $T_1$  时刻所处第  $f$  时间段是否会有空闲车位. 可以根据以往统计的此时间段内车辆的流量、此时间段起点和终点空闲车位数量的均值以及现有多少用户在第  $f$  时段预订进行判断,然后短信通知用户预订成功或者无法预订. 简单的判断方法是若下式成立,则允许下一位用户进行预订.

$$f(b) - f(a) - x > 0$$

其中,  $f(a)$ ,  $f(b)$  分别为第  $f$  时间段起点、终点的车辆均值;  $x$  为此时间段已预订车位数目.

3) 若用户预订成功,为了确保用户在预订时间内能够拥有车位,在  $T_1$  时刻到来前,即  $T_3$  时刻开始为用户分配车位.  $T_3$  与  $T_1$  的间隔根据历史车辆数据进行确定. 若有空闲车位,按照上述寻找最大权值  $\gamma_i$  的方法,在  $T_4$  时刻为用户分配好停车区域,并发送短信通知用户具体的停车区域.

4) 用户到达时,直接进入短信通知的区域即可. 若用户在  $T_1$  时刻未到达,则取消车位预订.

排队性预订适合距离停车场较远或者不急于停车的用户. 为了保证车位的利用率,虽然用户到达前会为用户分配车位,但是根据以往的情况进行车位预测,在停车场繁忙时仍有可能需要用户等待车位. 此预订方式中用户只需支付  $T_1$  到  $T_2$  时间段的费用,不包括预订的费用.

2 种预订方式预订时间段不同,收费方法不同,可以满足不同用户的要求. 同已有的预订方式相比,停车场采用 2 种方法相结合的预订方式,既可满足用户随时停车的要求,又可提高停车场的车位利用率.

### 3 仿真分析

鉴于 Matlab 具有强大的数据处理和函数功能,因此采用 Matlab 7.0 进行仿真实验. 设图 3 是某停车场示意图,该停车场共有 A,B,C 3 个出入口,其中 A 为主出入口,B,C 为次出入口,停车场内共 290 个车位. 将停车场分为 9 个区域,各个区域的总车位数目为  $n$ . 到达 A,B,C 出入口的路径权值以及在某一时刻的空闲车位  $P_{i0}$  数目见表 1.

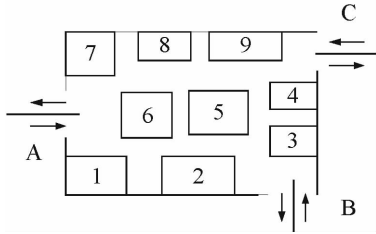


图 3 某停车场平面示意图

建立 table 表,表格包含 3 行. 第 1 行对应 1,4,7 区域,第 2 行对应 2,5,8 区域,第 3 行对应 3,6,9 区域. 参数  $\theta = 100, \rho = 0.7$ . 在接下来的时间段内,出入口 A 有 40 辆车,B,C 分别有 20 辆车预订车位或者直接进入停车场.

表 1 各个区域状态表

区域	$n$	$P_{i0}$	出入口 A		出入口 B		出入口 C	
			$d_j$	$l_j$	$d_j$	$l_j$	$d_j$	$l_j$
1	30	6	6	6	12	6	20	6
2	45	20	11	7	7	7	15	7
3	25	13	18	6	6	6	9	6
4	24	3	17	5	8	5	5	5
5	38	15	13	7	7	7	7	7
6	34	15	7	7	10	7	11	7
7	30	9	6	6	21	6	14	6
8	28	15	10	10	16	10	11	10
9	36	20	6	6	14	6	12	6

图 4 是随机分配和按照车位动态分配算法分配车位的均方差变化情况,可以看出,在车辆进入停车场后,随机分配的各个区域空闲率的均方差变化没有规律,时而增大,时而减小;而按照动态分配算法分配停车,各个区域空闲率的均方差一直呈减小趋势. 这表明,动态分配算法能够很好地平均各个

区域的车位空闲率,使它们不断趋于平衡.

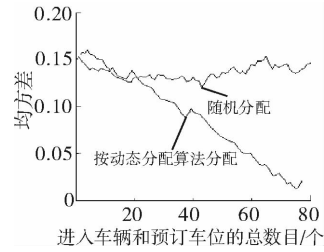


图 4 不同车位分配方式的均方差变化

在图 4 中,按动态分配算法分配的方差曲线在个别的点处会出现增长的情况,这是由于在考虑车位使用率的同时考虑区域到出入口路径的权值因素,以保证用户停车时间最短.

### 4 结论

针对如何合理分配停车场内众多车位的问题,提出了车位动态分配算法,同时设计了 2 种预订车位的方法. 根据动态分配算法在分配区域的时候,以区域车位空闲率为主,兼顾路径的权值,在各个区域的空闲率趋于均匀的基础上,保证用户停车时间最短. 仿真结果表明,本文提出的算法能够有效地解决停车场内的车位分布和用户行车路径的问题,使用户能够更加方便地停车泊位.

#### 参考文献:

- [1] Gallo M, D'Acerno L, Montella B. A multilayer model to simulate cruising for parking in urban areas[J]. Transport Policy, 2011, 18(5): 735.
- [2] 顾靖. 基于物联网技术的城市停车诱导系统研究[D]. 北京:北京邮电大学, 2011.
- [3] 王一军, 陶杰. 现代大型停车场车位诱导优化算法及仿真[J]. 计算机仿真, 2007, 24(11): 176.
- [4] 刘子文, 杨恢先, 许翔, 等. 新型 PSO 算法在停车场车位诱导问题中的研究[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(30): 233.
- [5] Leephakpreeda T. Car-parking guidance with fuzzy knowledge-based decision making[J]. Building and Environment, 2007, 42(2): 803.
- [6] 张富, 严丽, 马宗民, 等. 基于模糊描述逻辑的模糊 XML 模型的表示与推理[J]. 计算机学报, 2011, 34(8): 1437.