

文章编号:1672-3961(2008)06-0037-04

基于信息素模型的交通异常预测研究

姜群¹, 王华秋¹, 张光建¹, 蒋鹏²

(1. 重庆工学院计算机科学与工程学院, 重庆 400050; 2. 重庆工学院商贸信息学院, 重庆 400050)

摘要:针对准确收集交通堵塞数据难以及交通事故数据少、信息弱的特点,提出一种基于信息技术的交通预测方法,该方法不需要过去的数据及对数据的分析处理,而采用了传感技术和昆虫传递信息的机理.仿真实验结果表明其预测准确度高于时间序列中的滑动平均法.

关键词:传感器;代理;堵塞

中图分类号:U4 **文献标志码:**A

Traffic prediction based on the pheromone model

JIANG Qun¹, WANG Hua-qiu¹, ZHANG Gang-jian¹, JIANG Peng²

(1. The College of Computer Science, Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050, China;

2. The College of Business Information, Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050, China)

Abstract: It is hard to precisely collect data of traffic congestion, and adequately collect data of traffic accidents. Therefore, the information used to predict traffic congestion and accident is very weak. A traffic prediction method was proposed, which uses sensors and mechanism of insects passing information rather than data collection and analysis. The simulation results show that the pheromone prediction method has higher accuracy than the moving average.

Key words: sensor; agent; congestion

0 引言

目前很多国家使用交通信息系统^[1],驾驶员通过交通信息系统很容易地了解当前环境的交通情况.然而,交通信息系统所传递的信息会因驾驶员与数据中心的通信或数据在数据中心的处理时间而延迟,这导致了驾驶员经常收到与实际交通情况不同的数据.另外对驾驶员来说,在给定的路径上的当前交通数据很快就变得无用了.

交通预测可解决此类问题,交通预测通常按预测的时间分为长区间预测和短区间预测^[2],长区间预测通常根据分析过去的的数据预测1h到1d时间内大区域的交通情况,它不适宜预测小区域或交通

状况突然变化的情形.短区间交通预测适合于小区域并能提高预测的精确度.

本文提出一种用信息素模型进行短期交通预测方法,它不需要统计数据,而采用传感技术和生物界很多昆虫传递信息的信息素机理.

1 有关信息素介绍

信息素作为一种通信化学物,它拥有被同类个体相互理解的某种涵义.信息素有各种各样的功能,例如蚂蚁用踪迹信息素(吸引的信号)引导其它蚂蚁寻找食物.而蜜蜂则用警告信息素(排斥的信号)通知其它蜜蜂有危险情况.

踪迹信息素的机理已经用于某些领域有效地解

收稿日期:2008-05-30

基金项目:重庆市自然科学基金计划项目基金资助项目(CSTC2006BB2397);重庆市教委科学技术研究项目基金资助项目(KJ060611)

作者简介:姜群(1959-),女,重庆人,副教授,双硕士,研究方向为智能计算及应用、生物信息及应用等.

E-mail:jq@cqit.edu.cn

决问题,如旅行商问题^[3].它的工作机理为:蚂蚁找到食物并搬运到蚂蚁窝,在它们走过的路径上,蚂蚁留下踪迹信息素,此信息素发散在周围环境里,它的密度随时间减少.然而,那些在蚂蚁最频繁经过的路径上留下的信息素密度却不断增加.最终,蚂蚁窝到食物的最短路径上的信息素变得越来越密集而形成一条最短信息素路径.而蜜蜂则不同,领队蜜蜂用警报信息素通知有某种危险,随后的其它蜂蜜就避开警报信息素.警报信息素的机理也已被应用于其它技术,有效地解决很多问题.

信息素是传递信息的简单化学媒介,虽然每只蚂蚁或蜜蜂拥有的只是一些简单和局部的行为规则,它们能够起到复杂的作用,这主要与信息素的蒸发和传播^[4]特性有关.蒸发表示旧的信息随时间消失,这是由于信息素的挥发性所致,这一特性使得其它蚂蚁可获取最新的信息.传播表示信息素向周围环境扩散的特性,它允许其它蚂蚁在不同地方接受到信息.

2 交通模型

本章将运用以上所介绍的动态机制来预测交通拥塞或事故.这里所采用的模型将车视为蚂蚁或蜜蜂,它们在信息素潜在的环境里存放信息素.车里设置的传感器将根据‘感觉’到的交通信息存放各种信息素,在该路线上的其它车通过查看信息素密度而避开交通异常.

2.1 数字信息素

数字信息素^[5]是把许多昆虫用来协调它们行为的信息素域模型化,它具有以下特征:

- (1) 信息素是在一个事件发生时被“代理”(汽车)存放在一定地方的信息(信息的聚合);
- (2) 存放的某种特定属性的信息素被加到位于该位置的相同属性信息素的当前量中,其总量代表该位置的可能信息(信息的融合);
- (3) 信息素随时间蒸发,其值随时间减少(保持事实性);
- (4) 信息素向周围环境传播(信息的扩散和传播);
- (5) 信息素影响每个“代理”(汽车).

依据以上数字信息素特征,定义相应的交通预测信息素特征如下:

- (1) 信息素是车辆依据周围交通情况存放的信息;
- (2) 存放的某种属性信息素被加到位于该位置

的那种属性信息素的当前量中,其总量代表该位置的交通状况;

(3) 信息素随时间蒸发相应于车辆随时间向另一地方移动;

(4) 信息素向附近路径传播相应于车沿路向前移动;

(5) 驾驶员会受信息素交通预测的影响.

2.2 交通信息素

在参考文献[6]的研究中,多种信息素如目标、巢以及凶兆信息素被用于寻找目标的最优路径.在车辆运行时,也存在多种影响不久将来的因素.以下将探索3种影响交通的信息素及其组合模型的系统性能.

(1) 基本交通信息素

这是一种能通知其它汽车交通堵塞可能性增大的排斥信息素,汽车里安装的速度传感器和通信设施能够根据堵塞率存放基本交通信息素.一般地,速度用来表达堵塞率,所以汽车将依据它的速度大小存放一定量的信息素.

假设基本交通信息素在时间 t 和位置 p 的外部存放量为 $d(\Phi_{\text{traffic}}, t, p)$, $v_i(t, p)$ 对应于汽车 ID i 的车速, $C(t, p)$ 是在位置 p 的时间区间 $(t-1, t]$ 内所有汽车 ID 的集合, p 表示路段或道路交叉处的位置,则有:

$$d(\Phi_{\text{traffic}}, t, p) = \frac{1}{|C(t, p)|} \sum_{i \in C(t, p)} \frac{1}{v_i(t, p)}. \quad (1)$$

式(1)表明:随车的速度减小,信息素存放增加;随车的速度增加,信息素存放减少.车的速度慢将释放较多的信息素;车的速度快将释放较少的信息素.

(2) 刹车信息素

这也是一种通知其它汽车交通堵塞或事故可能性增加的排斥信息素,车辆里的刹车传感器存放这种排斥信息素.一般地,交通堵塞或事故引起踩刹车.因此汽车将依据踩刹车的次数存放一定量的信息素.

假设刹车信息素在时间 t 和位置 p 的外部存放量为 $d(\Phi_{\text{braking}}, t, p)$, $\text{braking}_i(t, p)$ 为对应于车 ID i 的刹车次数, $C(t, p)$ 为在位置 p 的时间区间 $(t-1, t]$ 内所有汽车 ID 的集合,则:

$$d(\Phi_{\text{braking}}, t, p) = \frac{1}{|C(t, p)|} \sum_{i \in C(t, p)} \text{braking}_i(t, p). \quad (2)$$

(3) 距离信息素

与以上2种信息素不同,这是通知其它车辆交通堵塞或事故可能性减少的吸引信息素,汽车里的

毫米波雷达存放这种信息素.一般地,随汽车间的距离增加,堵塞或事故的可能性减小,汽车将依据车辆之间的距离存放一定的信息素.

设车辆之间的距离信息素在时间 t 和位置 p 的外部存放为 $d(\text{ph}_{\text{distance}}, t, p)$, $\text{dis}_i(t, p)$ 是对应于汽车 ID i 的车间距, $C(t, p)$ 是在位置 p 的时间区间 $(t-1, t]$ 内的所有车辆 ID 的集合. T_{distance} 表示阈值, 低于该阈值 $\text{dis}_i(t, p)$ 赋值零, 则:

$$d(\Phi_{\text{distance}}, t, p) = \frac{1}{|C(t, p)|} \sum_{i \in C(t, p)} \text{dis}_i(t, p). \quad (\text{dis}_i(t, p) > T_{\text{distance}}) \quad (3)$$

2.3 转换函数

每一个地方都维持着对应于一个种信息素的变量, 这里的模型是基于 Brueckner^[7] 所提出的信息素转换模型. Brueckner 的模型是连接的格子图^[8], 其基本操作为:

① 蒸发: 由于蒸发, 聚集的信息素将随时间递减. 设 f 类的信息素在位置 p 和时间 t 的量值为 $s(\Phi_f, t, p)$, 则该单一类信息素的预测量 $s(\Phi_f, t+1, p)$ 为:

$$s(\Phi_f, t+1, p) = E_f * |(1 - G_f) * (s(\Phi_f, t, p) + d(\Phi_f, t, p)) + g(\Phi_f, t, p)|. \quad (4)$$

E_f 反映了信息素的蒸发, $1 - G_f$ 因子计算传播给相邻后的剩余量, $d(\Phi_f, t, p)$ 表示从最近一次更新循环后的总存放量, $g(\Phi_f, t, p)$ 表示从所有 p 的相邻传播来的总信息素.

② 传播: 另一个基本等式描述从相邻接受到的传播, 传播量的转换函数 $g(\Phi_f, t, p)$ 为:

$$g(\Phi_f, t, p) = \sum_{p' \in N(p)} \frac{G_f}{|N(p')|} (s(\Phi_f, t-1, p') + d(\Phi_f, t-1, p')). \quad (5)$$

$N(p')$ 表示在位置 p 的上流相邻, 它影响位置 p 的下一状态. G_f 是传播率, 它是上流信息素函数的值.

2.4 多种信息素的组合

这节里描述怎样结合不同种类的信息素, 这种机制是基于每种信息素怎样影响被预测路段的行驶时间. 除了基本模型外, 还提出了 3 种组合模型.

首先, 描述单一种类信息素模型, 即基本交通信息素模型. 设 $t_{\text{Pr}}(t, p)$ 为被预测的路段行驶时间, S 为全局放缩比例参数, $l(p)$ 为路段 p 的长度, 则:

$$t_{\text{Pr}}(t, p) = s(\Phi_{\text{traffic}}, t, p) \times S \times l(t, p). \quad (6)$$

其次, 用 2 种信息素即基本交通信息素和距离信息素导出等式(7). 距离信息素使交通堵塞或事故减小, 所以预测的行驶时间为:

$$t_{\text{Pr}}(t, p) = (s(\Phi_{\text{traffic}}, t, p) - s(\Phi_{\text{distance}}, t, p)) \times S \times l(t, p). \quad (7)$$

再次, 用另外 2 种信息素即基本交通信息素和刹车信息素导出等式(8). 刹车信息素使交通堵塞增加, 所以, 预测的行驶时间为:

$$t_{\text{Pr}}(t, p) = (s(\Phi_{\text{traffic}}, t, p) + s(\Phi_{\text{braking}}, t, p)) \times S \times l(t, p). \quad (8)$$

最后, 用了 3 种信息素即基本交通信息素、距离信息素和刹车信息素导出线性组合:

$$t_{\text{Pr}}(p) = (s(\Phi_{\text{traffic}}, p) - s(\Phi_{\text{distance}}, p) + s(\Phi_{\text{braking}}, p)) \times S \times l(t, p). \quad (9)$$

3 模型的实现

本章将讨论上述模型的实现方法. 信息素系统结构由 2 部分组成: “代理”和环境, 本文采用侦察车技术来实现. 侦察车信息系统利用交通工具作为移动传感器来收集交通数据, 收集到的数据被存储和加工处理以产生新的信息, 这些有用的信息可对其它应用提供各种服务. 侦察车系统所收集的数据有时比通常固定的检测器所收集的数据范围更大、准确度更高. 目前有些国家^[9,10] 采用“出租车类型”或“公交车类型”的侦察车进行实验, 这些侦察车被用作“代理”, 它们根据信息素的变化存放信息素和计算行驶时间. 而本文借助的是商业侦察车服务, 实现“环境”的方法是在车的导航系统中现实化一个虚拟的信息素图. 每辆车从侦察车的信息服务器接受周围环境的探测信息, 然后在导航系统的数字图上绘制信息素图并计算信息素, 如图 1 所示.

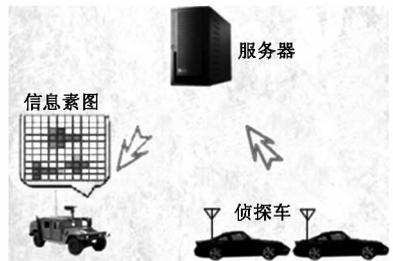


图 1 系统的组成结构
Fig.1 Architecture of pheromone system

4 仿真实验结果

模型仿真采用了日本 i-运输实验有限公司的实际交通数据, 该数据包含了路段信息及某一天在某一地区大约 13 000 辆车的跟踪信息. 仿真器采用交通仿真平台 Pramics^[11], 它计算了信息素模型与时间序列里的滑动平均模型^[12] 的误差率. 预测的准确率

用路段的预测行驶时间序列与实际的行驶时间序列之间的误差率度量,误差率指标用相关系数.相关系数是对2个变量之间关系的量度,或者说2个变量变化的共同趋势有多少.若一个变量增大(减小),另一个变量也增大(减小),则正相关关系.相关系数越接近于1说明2变量正相关性越强.各种不同模型的预测结果比较见表1~表3.

表1 基本交通信息素模型与滑动平均预测模型在某一路段上准确度比较(横向比较)

Table 1 Comparing accuracy of pheromone and moving average prediction model in a certain road

模型	相关系数
基本交通信息素模型	0.36
滑动平均模型	0.54

表2 基本交通信息素模型与滑动平均预测模型的平均准确度比较(横向比较)

Table 2 Comparing average accuracy of pheromone and moving average prediction model

模型	相关系数
基本交通信息素模型	0.36
滑动平均模型	0.30

表3 单一信息素和多种信息素组合模型的总体准确度比较(纵向比较)

Table 3 Comparing overall accuracy of uni-pheromone and multi-pheromone model

模型	相关系数
单一信息素(交通)	0.36
交通+刹车	0.45
交通+距离	0.39
交通+刹车+距离	0.47

比较表1中2种预测模型的相关系数,信息素模型的相关系数0.68更接近于1,说明信息素预测模型在某一段路上与该路段的实际交通变化情况更接近(正相关性更强),因而信息素模型胜过滑动平均模型的预测.由此可以看出若交通发生突然变化,滑动平均模型预测效果将更差.另外,比较表2中所有路上总的平均结果,可得出同样的结论:信息素模型比滑动平均模型预测的准确度高.表3比较了单一交通信息素与多种信息素组合模型的总体预测准确度,多种信息素组合模型的相关系数明显大于单一交通信息素模型,这一结果表明将一些信息素组合使用可起到提高预测准确度的效果,而且3种信息素组合模型优于2种信息素组合模型.这里只用了线性组合,多种信息素(多因素)非线性组合也许更能影响预测的准确度.

5 结语

本文提出了一种基于信息素机理的交通预测模型,并描述了它的实现方法.在模型里汽车被视为“代理”,它存放信息素于虚拟地方.信息素将以数字信息素状态转换模型的修正模型为基础蒸发和传播,汽车能够在有侦察车提供信息的路上预测它前方的交通异常情况.仿真实验结果证实了信息素模型对交通预测的有效性及其应用性.

参考文献:

- [1] 闫凤良,董宝田,综合交通信息系统信息平台的构建[J],交通科技与经济,2006,37(5):98-100.
YAN Feng-liang; DONG Bao-tian, The information platform based on the compulsive transportation information system[J]. Technology & Economy in Areas of Communications, 2006, 37(5):98-100.
- [2] 张世英,陆晓春,李胜朋.时间序列在城市交通预测中的应用[J].天津大学学报:社会科学版,2006,8(5):370-372.
ZHANG Shi-ying, LU Xiao-chun, LI Sheng-peng. Application of time series in city traffic forecast[J]. Journal of Tianjin University(Social Sciences), 2006, 8(5):370-372.
- [3] DORIGO M, GAMBARDILLA L M. Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem [J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 1997, 1(1):53-66.
- [4] DORIGO M, CARO G D, GAMBARDILLA L M. Ant algorithms for discrete optimization[J], Artificial Life, MIT Press, 1999, 5(2):137-172.
- [5] SAUTER JA, MATTHEWS R, PARUNAK HVD, et al. Performance of Digital Pheromones for swarming vehicle control [C]// Proceedings of the fourth international joint conference on Autonomous agents and multi-Agent systems. NY, USA: the ACM Press, 2005, 903-910.
- [6] PARUNAK HVD, BRUECKNER S, SAUTER J. Synthetic Pheromone Mechanisms for Coordination of Unmanned Vehicles [C]// First International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent System. NY USA: the ACM Press, 2002, 448-450.
- [7] BRUECKNER S. Return from the ant: Synthetic ecosystems for manufacturing control[D]. Berlin: Humboldt University Department of Computer Science, 2000.
- [8] KANEKO K. Period-doubling of kink-antikink patterns, quasi-periodicity in antiferro-like structures and spatial Intermittency in coupled map lattices-toward a prelude to a “field theory of chaos”[J], Progress of Theoretical Physics, 1984, 72(3):480-486.

- [9] HUBER W, LADKE M, OGGER R. Extended floating-car data for the acquisition of traffic information[C]// The 6th World Congress on Intelligent Transport System. Toronto: IEEE press, 1999, 5-9.
- [10] SARVI M, HORIGUCHI R, KUWAHARA M, et al. A methodology to identify traffic condition using intelligent probe vehicles[C]// The 10th World Congress on Intelligent Transport Systems, Madrid: IEEE press, 2003, 17-21.
- [11] Quadstone Paramics Ltd. Microscopic traffic simulator[EB/OL], 2005-01-10, [2007-01-08]. <http://www.paramics-online.com/>.
- [12] 王红军, 田铮, 韩四儿. 混合自回归滑动平均模型——MARMA[J]. 系统工程理论与实践 2006, 11:108-115.
- WANG Hong-jun, TIAN Zheng, HAN Si-er. Mixture autoregressive moving average model[J]. Systems Engineering-theory & Practice, 2006, 11:108-115.

(编辑:孙培芹)