

物联网环境下城市交通区域联动的云控制策略^{*}

马庆禄^{1,2}, 斯海林^{1,2}, 郭建伟^{2,3}

(1. 山地城市交通系统与安全重庆市重点实验室, 重庆 400074; 2. 重庆交通大学 交通运输学院, 重庆 400074;
3. 重庆市交通委员会 宣传处, 重庆 401147)

摘要: 针对城市道路交通中的区域联动控制问题, 利用交通物联网所提供的实时交通信息以及不同交通控制节点之间的关联关系, 构建符合区域协调控制要求的交通云计算平台, 使得道路交通各交叉口之间的控制策略由云计算平台统一支配, 同时强化交通物联网技术在交通信息获取时的相互协同性, 结合各节点控制任务抵达云计算平台的突变随机性, 并考虑道路交通中控制节点执行状态的动态变化特征, 从而建立城市道路交通区域联动控制的云策略模型, 从执行性能和计算功率两方面对云计算平台在多节点联动控制时的运行情况进行分析。实验结果表明, 提出的区域交通联动控制云策略在大幅度降低云计算平台运行能耗的前提下, 保证了道路的通行效率。

关键词: 智能交通系统; 云计算; 交通控制; 交叉口; 绿信比

中图分类号: TP316; U491.3

文献标志码: A

文章编号: 1001-3695(2013)09-2711-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2013.09.038

Cloud computing strategy of coordinated control in urban region traffic things networking

MA Qing-lu^{1,2}, SI Hai-lin^{1,2}, GUO Jian-wei^{2,3}

(1. Chongqing Key Laboratory of Traffic System & Safety in Mountain Cities, Chongqing 400074, China; 2. School of Traffic of Transportation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China; 3. Publicity Dept., Chongqing Municipal Transportation Committee, Chongqing 401147, China)

Abstract: According to the coordinated control problem of urban region transportation, this paper presented a traffic cloud computing platform, in which considered the relationship between different control nodes, to allocate control strategy for getting more reasonable the signal timing for different intersections in urban transportation, the growing Internet of things provided reference recommendations on the development strategy for transportation managements based on the characteristics of dynamic change of execution status among different control nodes and the random mutations in running of cloud computing platform. The experimental result shows that the proposed coordinate control cloud strategy is not only increase the traffic efficiency, but also reduce significantly the running energy consumption of cloud computing platform.

Key words: ITS(intelligent transportation systems); cloud computing; traffic control; intersection; split ratio

0 引言

随着城市经济的高速发展, 道路交通量急剧增加, 交通拥挤并因此引起的能源、环境问题日益严重, 从而使得区域交通规划和协调的重要性日益凸现。为了保证城市交通的协调发展, 在加快城市交通基础设施建设的同时, 更重要的是强化城市交通管理, 特别是区域交通之间的联动管理^[1]。

城市交通系统的发展应用离不开信息及控制技术的支持, 有关交通管理的决策方法和控制理论只有在区域交通联动的情况下才能对交通拥堵进行有效抑制, 而区域化联动控制产生的庞大交通检测数据量必然会加重信息中心的通信、计算和存储压力, 其对交通管理的实时性和可靠性带来巨大的挑战。云计算作为一种新型的商业计算模型, 以其高可扩展性和高可用性等优点为解决现代交通管理中海量数据问题提供了良好的解决方案, 因此, 近些年随着计算机技术的发展, 云计算技术迅

速成为交通运输领域的研究热点。目前, 云计算的发展得到了众多大企业的推动, 典型的有谷歌(Google)的应用软件引擎(GAE, Google AppEngine)、IBM的“蓝云”计算平台、亚马逊(Amazon)的弹性计算云(EC2, elastic compute cloud)等。随着开放云计算宣言的签署, 众多的IT厂商逐步致力于相互之间通力协作, 探索统一、开放的新型云计算标准, 目的在于方便用户更容易理解和使用云环境。然而, 目前的云计算尚没有形成统一标准, 服务器商众多, 不同厂商的解决方案不同, 各云计算平台之间不具有互操作性直接影响了云计算的大规模商业化和商业应用。特别是在交通系统中, 要实现低成本、高效、安全、易用的云计算平台依然面临诸多挑战, 不同的交通管理系统之间需要互访计算资源, 需要对云计算的接口制定合理高效的交互协议, 使得不同云计算服务提供者相互合作, 以便更好地发挥云计算在交通系统中强大的服务功能。因此, 研究城市

收稿日期: 2012-12-25; **修回日期:** 2013-02-18 **基金项目:** 重庆市科技创新服务(软科学I一般)研究基金资助项目(cstc2012cx-rkx A30001); 重庆市教委科学技术研究项目(KJ130423); 重庆交通大学科研启动经费资助项目

作者简介: 马庆禄(1980-), 男, 陕西渭南人, 博士, 主要研究方向为智能交通、云计算与物联网(MQL360@QQ.com); 斯海林(1967-), 男, 实验师, 本科, 主要研究方向为智能交通、汽车试验; 郭建伟(1978-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为智能交通、交通信息工程与控制。

交通区域联动控制的云策略,形成系统化的以交通信号控制和云计算为支撑的新一代区域交通联动调控方案,推动云计算理论发展创新及其在交通运输领域中的行业应用,助力智能交通及其后交通时代的发展迈上一个新的台阶。

近几年,交通信号工程及控制理论得到了国内外政府机构、研究院所以及科技企业的极大重视,尤其是在学术界发展迅速。在单路口交通信号控制方面,Binghm^[2]将交通路口模糊控制中的参数通过神经网络计算得到,改进了以往模糊控制的效果;Rozeemond^[3]提出了以智能体为控制单元的交通控制模型,通过实际车流数据修正预测值来改善配时方案。虽然采用模糊控制方式和智能体技术对单路口进行交通控制取得了一定的研究成果,但是这两种方法都不具有学习能力,不适应现代交通管理中交通的多变性。此外,Abdulhai 等人^[4]、马寿峰等人^[5]、承向军等人^[6]分别选择不同的 Q 函数使用 Q 强化学习算法进行单路口的交通信号控制;赵晓华等人^[7]采用 Q 学习和 BP 神经网络进行了单交叉路口混杂交通信号控制;李春贵等人^[8]将多步 SARSA 强化学习算法结合径向基函数网络的值函数近似进行了单路口的交通信号控制。通过对具有学习功能的控制方法的研究,结果表明,具有学习能力的方法优于固定配时的方案。在多路口交通信号控制方面,Adler 等人^[9]提出了基于多智能体(multi-agent)系统的道路交通分布式控制概念模型;李灵犀等人^[10]建立了两相邻路口的分层递阶模糊控制模型;Wiering 等人^[11]用合作多智能体强化学习算法进行了多路口交通控制;Bakker 等人^[12]通过增加路口信号控制机之间的通信扩展了 Wiering 等人的算法;王建宇等人^[13]采用强化学习与人工神经网络相结合的方法,解决了多个路口的交通信号控制问题;李振龙等人^[14]应用多智能体技术对区域交通信号的协调控制进行了研究,建立了一个基于智能体的区域交通控制系统。从以上研究成果发现,虽然在单路口以及多路口交通信号控制方面取得了一定进展,但是由于在实际交叉口联动控制中对交通状态实时性要求较高,这恰恰与高数据量的检测以及数据处理相矛盾。基于这一点,本文通过在区域交通控制中引入云计算理论以解决目前在海量交通检测数据中实时获取交通控制信息的问题。

1 云计算平台的任务调度模型

1.1 云计算平台架构

城市交通区域联动控制云决策研究的整体架构主要包括交通信息采集、云决策支撑、控制方案的制定三大部分内容。各组成部分在系统总体架构中的地位和作用以及相互间的逻辑关系如图1所示。

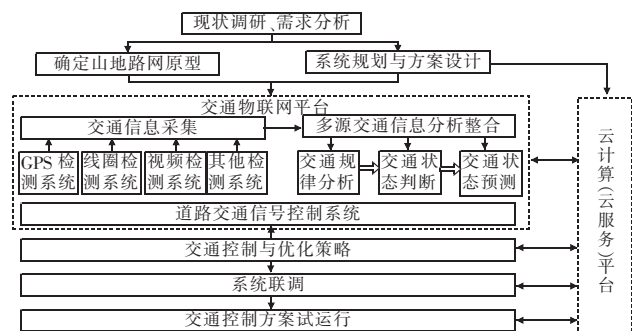


图1 城市交通区域联动控制云决策研究的总体架构

1) 交通信息采集 底层数据库主要依靠物联网平台提供采集和处理后的交通信息,如道路状况、交通流量、交通流速、

道路占有率、车头时距等系统所需原始数据。通过数据挖掘分析形成属性互补型的交通信息数据库,供制定交通控制策略模块使用。

城市交通区域联动控制云决策研究的交通信息主要来源于两部分内容:一部分为实时交通信息检测点(如环型线圈检测点、微波检测点、视频检测点等)将路段交通数据(如交通流量、交通流速、道路占有率、车头时距等)以及车辆数据(如车型、车辆长度等)等信息由传输网络传输至云计算平台;另一部分数据则是整合由智能交通其他相关子系统提供的实时交通数据(如浮动车交通信息数据、交警总队其他智能交通相关子系统如交通信号控制系统、卡口系统、交通事件检测系统等所采集的交通数据),经数据开放共享后由传输网络接入云计算平台。信息的传输大致分为有线和无线两种传输方式。有线方式中可以利用公安专网将交警总队、公安局等内部单位进行连接;利用互联网与社会其他信息需求相关单位进行连接;利用数据专线与运营商的数据中心进行连接;前端的数据采集与信息发布则可以利用运营商的3G或2.5G无线通信网络,将交通数据进行实时收集与LED交通诱导屏或交通可变信息标志(VMS)的交通状态信息发布。

2) 云决策支撑平台 区域交通联动控制的云计算策略分别基于当前交通状态估计与未来交通状态预测两部分内容,其中交通状态的预测是由中心数据处理后得出每个交通节点相邻交通线路、相关道路的交通路况以及相关交通规章等的交通控制信息,并通过信息发布系统生成相邻节点自适应联动控制策略;另一部分为当前交通状态估计,它是通过交通信息的统计,对检测区域内整体交通路网的交通状况进行监测,对于紧急事件,可以人工干预优先控制方案,历史交通数据还可以为交通管理部门提供交通管理优化的决策依据。

3) 交通控制决策方案的制定 交通控制决策方案是保证交通流畅运行的重要保障,是交通管理与控制、交通诱导等方面的重要依据。区域交通联动控制策略的研究是对单点交通控制的拓展,期望在单点交通控制的基础上,考虑上下游交通状态以及相邻交通控制节点间的影响,帮助决策者提高决策质量和效率。

基于上述讨论,城市交通区域联动控制云决策研究主要是研究云决策模型在交通领域的应用前景和核心技术,探讨多交通参数下道路交通联动控制的决策方案;根据城市交通区域协调控制策略的应用需求,确定区域交通控制策略的生成与发布及优化策略,制定区域协调控制方案。

1.2 节点控制任务调度模型

由于车辆在抵达某一路口信号灯的等待时间是不确定的,导致联动控制任务到达云计算平台是随机的,即控制任务到达云计算平台的时间间隔服从某一种随机分布,如负指数分布、泊松分布、Erlang分布等。根据联动控制任务对计算资源的需求特征,可分为计算密集型、通信密集型、数据密集型和I/O密集型等^[15]。不同类型任务要处理的数据形式和问题规模一般不同。为了便于研究,本文将区域交通中某一个路口的控制系统统称为一个控制节点(control node),并假定同一类型任务的控制方法相同。由于联动控制系统的自主性、地域的分布性,导致不同节点提交的控制任务之间通常没有优先约束关系,即任一节点调控的发起是相对独立的。

定义1 假设将随机到达云计算平台的交通控制任务表示为一个三元组 (T, R, W) 。其中:

a) $T = \{t_i | 1 \leq i \leq m\}$ 表示各种控制任务类型的集合, t_i 表

示第 i 类控制任务,且存在 $t_i \cap t_j = \emptyset$, 其中, $1 \leq i, j \leq m$;

b) $R = \{r_i | 1 \leq i \leq m\}$ 表示节点控制任务的平均到达率集合, r_i 表示 t_i 类任务单位时间的平均到达数量,若 $i \neq j$, 则 $r_i \neq r_j$, 且 $1 \leq i, j \leq m$;

c) $W = \{w_i | 1 \leq i \leq m\}$ 表示云计算平台面临的计算量集合, w_i 表示 t_i 类控制任务的计算量。因此,第 i 类计算任务可表示为 (t_i, r_i, w_i) , 其中, $t_i \in T, r_i \in R, w_i \in W$ 。

控制任务到云计算平台的平均到达率可以平台的大量监测数据分析出任务到达云计算平台间隔的随机分布,参考统计学的方法,如 χ^2 检验法等,确定出任务到达间隔所服从的理论分布,并估计其参数值。

定义 2 将控制节点任务调度中的云计算平台表示为一个六元组 $(C, P_{m \times n}^{\text{busy}}, P^{\text{idle}}, P^{\text{peak}}, U_{m \times n}, S)$ 。其中:

a) $C = \{c_i | 1 \leq i \leq n\}$ 表示云计算平台中控制节点的集合, 其中, c_i 表示第 i 个控制节点, n 为控制节点的个数;

b) $P_{m \times n}^{\text{busy}} = \{P_{ij}^{\text{busy}} | 1 < i < m, 1 < j < n\}$ 表示控制节点的执行功率矩阵, P_{ij}^{busy} 表示 t_i 类任务在控制节点 c_j 上执行时的功率, 如果 $i \neq h, j \neq k$, 则 $P_{ij}^{\text{busy}} \neq P_{hk}^{\text{busy}}$;

c) $P^{\text{idle}} = \{p_i^{\text{idle}} | 1 < i < n\}$ 表示控制节点空闲功率的集合, p_i^{idle} 表示控制节点 c_i 处于空闲状态的功率,若 $i \neq j$, 则 $p_i^{\text{idle}} \neq p_j^{\text{idle}}$;

d) $P^{\text{peak}} = \{p_i^{\text{peak}} | 1 < i < n\}$ 表示控制节点峰值功率集合, p_i^{peak} 表示控制节点 c_i 处于峰值状态的功率,若 $i \neq j$, 则 $p_i^{\text{peak}} \neq p_j^{\text{peak}}$;

e) $U_{m \times n} = \{u_{ij} | 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n\}$ 表示控制节点平均服务率矩阵, u_{ij} 表示控制节点 c_i 对 t_i 类任务的平均服务率, 如果 $i \neq h, j \neq k$, 则 $u_{ij} \neq u_{hk}$;

f) $S = \{s_{\text{idle}}, s_{\text{busy}}\}$ 表示控制节点状态的集合, s_{idle} 表示控制节点运行但处于空闲状态, s_{busy} 表示控制节点处于执行状态。

与控制任务平均到达云平台比率的获取方法相同,通过对云计算平台大量监测数据随机分布的分析,可得到不同控制节点处理不同类型任务的服务率矩阵 $U_{m \times n}$, P^{idle} , P^{peak} 和 $P_{m \times n}^{\text{busy}}$ 则可以通过测量的方式得到。

1.3 多节点联控的云计算策略

不同路口对交通控制的需求是不尽相同的,有的需要提供立体交叉道路分流服务,有的追求平面交叉的分时通行服务。为了保证云平台的服务质量(QoS),交通控制信号必须依据实际交通需求提供合适的路口控制策略。同时,要发挥云计算平台内控制节点的整体通行效率达到负载均衡。本文提出了基于QoS的多控制节点协调方法,它可以依据优先级选择合适的节点控制策略以协调不同交叉口的通行需求。其主要考虑了以下几个参数:

a) 计算时间,即任务到达云计算平台后从开始执行到结束所消耗的时间。系统服务需要的时间是无法事先确定的,只能依据系统开销、估计运行时间和该任务其他就绪服务的运行时间进行估算。任务 W_i 预期完成时间 T_c 为

$$T_c = Q_w = T_e + \sum_{k=1}^{QL_d} T_{ke} \quad (1)$$

$$T_e = \frac{T_{ini} + \sum_{n=1}^N T_n}{N+1}, N \neq 0 \quad (2)$$

其中: QL_d 表示节点 d 上任务队列的长度, T_e 表示任务 W_i 的估计运行时间。任务 W_i 估计运行时间为 T_{ini} , 该值为该任务以前运行时间的平均值。 N 代表任务执行的次数,而 T_n 表示 W_i 第 n 次的运行时间。 W_i 完成次数越多, T_e 的值就越接近任务真实完成时间。 T_e 的值越小,任务就能越快地完成,找到 T_e 最小

的节点,并在该节点运行可以保证任务的实时性。

b) 云计算平台运行费用。由于云计算是面向所有控制节点提供联动控制服务的,控制节点需要根据车流量的具体控制要求进行任务请求,执行任务 W_i 的全部费用 $\text{Cost}W_i$ 为

$$\text{Cost}W_i = P_{\text{cpu}} C_{\text{cpu}} / \text{GHz} + P_{\text{men}} C_{\text{men}} / \text{MB} + P_{\text{stor}} C_{\text{stor}} / \text{MB} + P_{\text{net}} / \text{Mbps} \quad (3)$$

执行控制任务所使用服务费用主要由网络通信、计算、存储等设备的消耗产生。其中, P 表示每个设备单位资源的价格, C 表示资源数量。在具体的云计算环境中费用可能会略有差异,为便于求解暂且忽略不计。

c) 系统运行开销。包括云计算平台对任务的调度开销和通信开销。调度开销指将任务进行实时切分并根据需求调度执行资源所产生的开销;通信开销指资源调度或节点与其他节点上服务间的数据通信开销的总和。任务 W_i 在调度过程的总开销为

$$O_i = O_w + O_d \quad (4)$$

$$O_w = \frac{D_i}{C_d} Dc_{ij} \quad (5)$$

$$O_d = \sum_{v=0}^n \sum_{p=0}^{SN} \frac{D_p}{C_v} DS_{dv} \quad (6)$$

其中: O_i 为总的云计算平台开销, O_w 为任务调度开销, O_d 为传输开销, D_i 表示任务 W_i 传输数据的总量, C_d 为控制节点 d 数据传输的通信能力, Dc_{ij} 表示两个控制节点 c_i 和 c_j 之间的物理距离, SN 表示任务的数量。若将任务 W_i 调度到资源 h 上与调度到其他资源相比,其总开销最小,那么任务 W_i 与资源 h 的关联程度最高。因此,将任务调度到该资源运行可以降低开销。

d) 平台负载均衡。如果云计算平台内控制任务的负载超过了平台能够承受的最大负载限度,则其整体性能就会降低,云服务的质量也不会得到保证,因此,应尽可能地将任务调度到负载不重的节点运行,以实现负载均衡,并为每个控制节点设置一个拒绝任务的临界值,当控制节点设备负载超过临界值时,则拒绝任务分配。节点临界值的计算公式为

$$TLV = \{TLV_{\text{cpu}}, TLV_{\text{men}}, TLV_{\text{stor}}, TLV_{\text{net}}\} \quad (7)$$

2 仿真实验与分析

2.1 实验环境及参数设置

为了验证城市交通区域联动控制云策略的有效性,本文使用 MATLAB 的离散事件模拟工具进行仿真实验。实验环境涉及的相关参数以及取值或取值范围如表 1 所示。

表 1 仿真环境的参数设置

参数	设置	说明
m	8000	随即到达的任务总数
t_i	$1 \leq i \leq 4$	任务类型的数量
n	15	平台中控制节点的个数
λ_i	[10, 15]	第 i 类任务的平均到达率
u_{ij}	[1, 5]	控制节点 c_j 对 t_i 类任务的平均服务率
w_i	[1, 10]	t_i 类任务的计算量
调度概率计算公式中参数的取值情况:		
a) $C_{\text{light}} = \emptyset$ 时		
(1.1, 5.2, 1.5, 1.3)		
(1.1, 1.4, 0.3, 1.5)		
b) $C_{\text{light}} = \emptyset$ 且 $C_{\text{normal}} = \emptyset$ 时		
(1.2, 1.1, 1.3, 0.2)		
c) $C_{\text{light}} = \emptyset, C_{\text{normal}} = \emptyset$ 且 $C_{\text{heavy}} = \emptyset$ 时		
W_{light}	0.25	控制节点轻载阈值
w_{heavy}	0.75	控制节点重载阈值
p_i^{idle}	[50, 60]	控制节点 c_j 的空闲率
p_i^{busy}	[100, 150]	控制节点 c_j 对 t_i 类任务的执行功率

当 λ_i 和 u_{ij} 的值随机产生时,需满足条件 $0 < \rho = \frac{\lambda}{u} < 1$ 。

其中: $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n$, $u = \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_{ij} \right)$ 。该条件保证了仿真平台运行的状态平稳性。

2.2 实验与结果分析

当节点的控制任务进入云计算平台时,平台将记录下任务类型及其进入平台的时间。在进入云计算平台的任务队列中,任一任务的等待时间等于任务队列中前一任务的完成时刻减去该任务的到达时刻,该任务的完成时间就等于其进入时刻与等待时间、服务时间之和。最后,任务的完成时间减去进入平台时刻即为云计算平台对该控制任务的响应时间。云计算平台中所有任务响应时间的平均值即为任务在该平台的平均响应时间 Time_{avg} ,根据控制节点 c_j 执行过的任务类型和相应任务个数、相应执行功率和服务时间,可计算出控制节点 c_j 的任务在平台中执行时间 $\text{Time}_{c_j}^{\text{busy}}$ 和执行能耗 $\text{Energy}_{c_j}^{\text{busy}}$ 。根据前面的分析可知,在控制节点 c_j 上,完成时间 $\text{Time}_{c_j}^{\text{total}}$ 为最后一个控制任务的完成时刻减去第一个任务进入平台的时刻。那么,控制节点 c_j 的空闲时间可表示为

$$\text{Time}_{c_j}^{\text{idle}} = \text{Time}_{c_j}^{\text{total}} - \text{Time}_{c_j}^{\text{busy}} \quad (8)$$

控制节点 c_j 的空闲能耗表示为

$$\text{Energy}_{c_j}^{\text{idle}} = \text{Energy}_{c_j}^{\text{total}} - \text{Energy}_{c_j}^{\text{busy}} \quad (9)$$

所以,控制节点 c_j 的总能耗可以表示为

$$\text{Energy}_{c_j}^{\text{total}} = \text{Energy}_{c_j}^{\text{idle}} + \text{Energy}_{c_j}^{\text{busy}} \quad (10)$$

控制节点 c_j 的平均功率为

$$\text{Power}_j = \frac{\text{Energy}_{c_j}^{\text{total}}}{\text{Time}_{c_j}^{\text{total}}} \quad (11)$$

对于整个系统,所有任务的完成时间为

$$\max \{ \text{Time}_{c_j}^{\text{total}} \mid 1 \leq j \leq n \} \quad (12)$$

系统的平均功率为

$$\text{Power}_{\text{avg}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \text{Power}_j \quad (13)$$

于是,单个节点的控制任务在云计算平台中执行时的平均能耗为

$$\text{Energy}_{\text{avg}} = \text{Power}_{\text{avg}} \times \text{Time}_{\text{avg}} \quad (14)$$

为了进一步说明交通区域联动控制云策略的有效性,本文分别从云计算平台执行任务的平均响应时间、平均能耗两个方面进行分析。仿真实验结果如图2、3所示。由实验结果分析发现,随着控制节点个数的增加,云计算平台执行任务的平均能耗却呈线性下降。当控制节点个数为6或7时,平台执行任务的平均能耗最小;在等能耗的条件下,控制节点个数为6或7时,系统有较好的扩展性。随着控制节点个数的继续增加,平台执行任务的平均能耗开始增大,且呈指数级增长,其原因分析归纳为:

a) 当控制节点个数从1增加到6的过程中,云计算平台中控制任务平均响应时间呈指数级减小(图2),但是云计算平台的平均能耗的增势却基本趋于平稳(图3),这导致平台执行任务的平均能耗在该过程中是逐渐降低的,并且,由于此时云计算平台平均功率的绝对值较小,因此降低的趋势呈线性。

b) 当控制节点个数从7增加到15的过程中,任务平均响应时间下降的趋势逐步趋于平缓(图2),但是云计算平台的平均功率的增势却呈指数级增加(图3),导致任务的平均能耗在该过程中是逐渐增加的,并且,由于此时系统平均功率的绝对值较大,因此增长的趋势呈指数级。

由此可见,在等能耗的条件下,控制节点个数为6或者7时系统有最好的扩展性。对于实际的云计算平台,如何根据云平

台运行的体系结构、任务到达的规律确定云计算平台中应该开启或关闭交通中联动控制的实际节点个数,以及开启或关闭哪些控制节点进行能耗的优化控制,将作为进一步的研究内容。

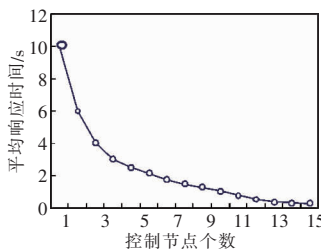


图2 云计算平台运行的平均响应时间

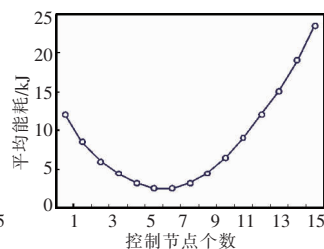


图3 云计算平台运行任务的平均能耗

3 结束语

针对城市交通区域联动控制问题,本文研究基于云计算模型的决策分析方法,形成系统化的区域交通动态协调及路口信号控制策略。考虑相邻交叉口绿信比以及交通流上下游之间的关联关系,优化交通信号灯配时方案,支撑交叉口自适应联动控制,强化交通指挥和疏导的信息化作用。通过对该策略在不同条件下进行仿真分析,实验结果表明了该方案在性能方面的优越性和良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 马庆禄,但雨芳. RFID、GPS 和 GIS 技术集成在交通智能监管系统中的应用研究[J]. 计算机应用研究, 2009,26(12):4628-4631.
- [2] BINGHM E. Reinforcement learning in neuro-fuzzy traffic control[J]. European Journal of Operational Research, 2001,131(1):232-241.
- [3] ROOZEMOND J D. Using intelligent agent for pro-active, real-time urban intersection control[J]. European Journal of Operational Research, 2001,131(1):293-301.
- [4] ABDULHAI B, PRINGLE R. Machine learning based adaptive signal control using autonomous Q-learning agent[C]//Proc of IASTED International Conference on Intelligent Systems and Control. 2002:14-16.
- [5] 马寿峰,李英,刘豹. 一种基于 Agent 的单路口交通信号学习控制方法[J]. 系统工程学报, 2002,17(6):526-530.
- [6] 承向军,常常识,杨肇夏. 基于 Q-学习的交通信号控制方法[J]. 系统工程理论与实践, 2006,26(8):136-139.
- [7] 赵晓华,李振龙,陈阳舟. 基于 Q 学习的城市交通信号灯混杂控制[J]. 系统仿真学报, 2006,18(10):2889-2894.
- [8] 李春贵,阳树洪,王萌,等. 基于 SARSA(λ) 算法的单路口交通信号学习控制[J]. 广西工学院学报, 2008,19(2):10-14.
- [9] ADLER J L, BLUE V J. A cooperative multi-agent transportation management and route guidance system[J]. Transportation Research Part C, 2002,10(1):433-454.
- [10] 李灵犀,高海军,陈龙,等. 两相邻路口信号的分层递阶模糊控制[J]. 中国公路学报, 2002,15(4):66-68.
- [11] WIERING M, VREEKEN J, Van VEENEN J, et al. Simulation and optimization of traffic in a city[C]//Proc of IEEE Intelligent Vehicles Symposium. 2004:453-458.
- [12] BAKKER B, STEINGROVER M, SCHOUTEN R, et al. Cooperative multi-agent reinforcement learning of traffic lights[C]//Proc of Workshop on Cooperative Multi-Agent Learning, European Conference on Machine Learning. 2005:24-36.
- [13] 王建宇,彭维,王康平,等. 增强学习与神经网络在交通信号控制中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2007,43(31):242-244.
- [14] 李振龙,赵晓华. 基于 Agent 的区域交通信号协调控制[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版, 2008,32(1):130-133.
- [15] 谭一鸣,曾国荪,王伟. 随机任务在云计算平台中能耗的优化管理方法[J]. 软件学报, 2012,23(2):266-278.