

基于 AHP 和 MMTD 的呼叫接纳 控制方法 AM-CAC

王雪梅¹, 张登银²

(1. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003;
2. 南京邮电大学 科技园管理办公室, 江苏 南京 210003)

摘要:提出一种统一的呼叫接纳控制方法。应用层次分析过程(AHP)实现系统建模,根据网络运营目标,对于决策所依据的诸多准则之间的重要性关系进行定性分析和定量描述,从而确定各准则在决策中的影响力;应用中介真值程度度量(MMTD)方法统一量化各影响因素相对各准则的真值程度,通过配置合理参数,来适应异构网络在技术特性、性能目标上的差异。仿真结果表明,文中所提方法对于网络的运营目标和偏好具有很好的适应能力。

关键词:呼叫接纳控制;层次分析法;中介真值程度度量;决策准则

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)08-0083-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.08.021

Call Admission Control Method Based on AHP and MMTD

WANG Xue-mei¹, ZHANG Deng-yin²

(1. College of Computer, Nanjing Univ. of Posts & Telecom., Nanjing 210003, China;
2. Executive Office of Sci-Tech Park, Nanjing Univ. of Posts & Telecom., Nanjing 210003, China)

Abstract: An unified call admission control method was proposed, which adopted the Analytic Hierarchy Process (AHP) to achieve system modeling. According to the targets of network operators, the pairwise relationship of importance among criterions associated with decision-making is analyzed qualitatively and described quantitatively, to determine influence of each criterion on decision-making; moreover, the method of Measureing of Medium Truth Degree (MMTD) is employed to quantify the truth degree of each factor relative to criterion, and reasonable parameters are configured to adapt to difference in technical characteristics and performance goals among heterogeneous network. Simulation results show that the proposed method has a better ability to adapt to goals and preferences of network operators.

Key words: CAC; AHP; MMTD; criterion of decision-making

0 引言

日益繁多的无线应用需求催生了各种无线通信网络,这些应用对通信速率、带宽等服务质量的要求,给有限的无线资源的分配和利用带来很大的挑战。如何利用有限的无线资源,有效服务用户,并达到网络的运营目标?呼叫接纳控制成为解决此问题的方法之一。传统的呼叫接纳控制策略大多着眼于资源利用率和公平性,例如,资源预留、抢占优先^[1-4]等。近年来,一些研究者还从用户效用或网络收益出发,应用经济学理论,或采用机器学习算法来优化呼叫接纳方法^[5-7]。

这些方法的设计一般面向特定网络,具有明确目标,缺乏普适性。然而,在多异构系统、多运营商并存的现代通信系统的格局下,每个运营商各自为政,各网络往往拥有不同的策略偏好、不同的性能优化目标,在结构、覆盖范围、容量、信号强度、工作频段等技术特性方面也存在很大差异性。如何设计一种统一的呼叫接纳控制方法,来适应不同网络在运营目标、技术上的差异性?为此,作者提出一种基于 AHP 和 MMTD 的呼叫接纳控制方法,应用层次分析法(AHP)对呼叫接纳系统建模,并利用中介真值程度度量(MMTD)量化各影

收稿日期:2012-11-12

修回日期:2013-02-20

网络出版时间:2013-04-22

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61071093)

作者简介:王雪梅(1978-),女,江苏盐城人,讲师,硕士,研究方向为现代通信网络与信息处理技术;张登银,研究员,博士生导师,研究方向为现代通信网络与信息处理技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130422.1553.007.html>

响因素的真值程度,通过灵活设置和调整参数,来满足不同网络的运营目标和性能需求。

1 MMTD 量化

设计合理的接入控制方法需考虑多种因素,例如,信号强度、网络负载、业务带宽等。有关这些因素的需求往往具有模糊性,异构网络对相同因素的描述可能不使用同一量纲,不易统一量化。例如,对于“用户信号强”,同样是-100dB的信号强度,在有些无线网络中被视为很强的连接,而有些网络认为很弱,以致无法接收。为适应异构网络之间的差异性,实现对这些模糊性对象的统一量化表示,中介真值程度度量方法(MMTD)不失为一个不错的选择。MMTD^[8,9]在由朱梧楦,肖奚安建立的中介数学理论基础上,提供一种逻辑、自然的数值化方法,定量描述和处理模糊对象的真值程度,近年来在图像处理^[10]、语音客观评价^[11]等多领域得到应用。其基本内容如下^[8,9]:

定义1:给定非空对象集合 X ,称 $f: X \rightarrow R^n$ 是对象集合 X 的 n 维数值化映射。

定义2: X 和 f 同定义1。对于 $x \in X$,若子集 $T \subset R^n$ 和 $F \subset R^n$ 分别满足: $f(x) \in T \Leftrightarrow P(x)$ 及 $f(x) \in F \Leftrightarrow \neg P(x)$,则 T/F 是对应谓词 P 的真/假数值区域。

定义3: f 是非空对象集合 X 的一维数值化映射。若谓词 P 的真、假数值区间分别是闭区间 $[\alpha_T - \varepsilon_T, \alpha_T + \varepsilon_T]$ 和 $[\alpha_F - \varepsilon_F, \alpha_F + \varepsilon_F]$,则称 α_T 为 P 的 ε_T 标准度, α_F 为 $\neg P$ 的 ε_F 标准度。如果 $\alpha_F < \alpha_T$,则谓词 P 为正谓词;否则, P 为负谓词。

定义4:相对于 P 的距离比率函数 $h_T: f(X) \rightarrow R$,当取 $y = f(x) \in f(X)$ 时,有

$$h_T(y) = \begin{cases} \frac{d(y, \alpha_F + \varepsilon_F)}{d(\alpha_T + \varepsilon_T, \alpha_F + \varepsilon_F)}, & y > \alpha_T + \varepsilon_T \\ 1, & \alpha_T - \varepsilon_T \leq y \leq \alpha_T + \varepsilon_T \\ \frac{d(y, \alpha_F + \varepsilon_F)}{d(\alpha_T - \varepsilon_T, \alpha_F + \varepsilon_F)}, & \alpha_F + \varepsilon_F < y < \alpha_T - \varepsilon_T \\ 0, & \alpha_F - \varepsilon_F \leq y \leq \alpha_F + \varepsilon_F \\ -\frac{d(y, \alpha_F - \varepsilon_F)}{d(\alpha_T - \varepsilon_T, \alpha_F - \varepsilon_F)}, & y < \alpha_F - \varepsilon_F \end{cases} \quad (1)$$

为实现统一量化,不同网络根据自身技术特性和需求,设置相应的 $\{\alpha_T, \alpha_F, \varepsilon_T, \varepsilon_F\}$,应用式(1)计算出各因素对应的距离比率函数值,来数值化因素的真值程度。在本应用中, $d(a, b) = |a - b|$ 。

2 AHP 系统建模

层次分析法(AHP)是由美国运筹学家萨蒂教授

于20世纪70年代提出,该方法结合定性分析和定量分析,将影响决策的多种因素按照其隶属关系排列成多层次,然后根据因素之间的重要性比较关系,采用数学方法,对其进行分析和排序,以便辅助决策。

应用AHP对呼叫接纳问题进行建模的过程如下:

步骤1:构建AHP三层模型,该模型由顶向下包括目标层、准则层和方案层。明确网络决策目标,例如资源利用最大化、运营收益最大化、用户效用最大化等;根据目标定义准则层,确定影响目标实现的诸多准则,例如,“用户信号强”、“网络负载轻”、“用户等级偏好”、“实时业务偏好”等;对于呼叫请求的处理要么拒绝,要么接受,故方案层包含两个方案,分别是“拒绝方案”和“接受方案”。

步骤2:两两比较准则的重要性,构造相应准则判断矩阵,并进行一致性验证。若验证未通过,则对判断矩阵进行微调,直到满足一致性要求为止。

步骤3:采用一定的数学方法对各准则进行全局排序,计算出每个准则对应的权重,其值大小反映每个准则在决策中的影响力高低。

有关判断矩阵的一致性验证和准则相应权值的计算方法详见第3节。

3 AM-CAC 算法描述

定义 X, S, Q 分别表示到达呼叫集合、网络状态集合及呼叫等待队列。系统参数包括 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, $\alpha_T = \{\alpha_T^{(1)}, \alpha_T^{(2)}, \dots, \alpha_T^{(n)}\}$, $\alpha_F = \{\alpha_F^{(1)}, \alpha_F^{(2)}, \dots, \alpha_F^{(n)}\}$, $\varepsilon_T = \{\varepsilon_T^{(1)}, \varepsilon_T^{(2)}, \dots, \varepsilon_T^{(n)}\}$, $H_T = \{h_T^{(1)}, h_T^{(2)}, \dots, h_T^{(n)}\}$, $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$, $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, $J, \varepsilon_F = \{\varepsilon_F^{(1)}, \varepsilon_F^{(2)}, \dots, \varepsilon_F^{(n)}\}$, L, l 。其中, n 为准则数目, L 和 l 分别表示队列最大长度和队列实际长度。 P_i 代表描述某准则的谓词。 $\alpha_T^{(i)}, \alpha_F^{(i)} (1 \leq i \leq n)$ 分别是 P_i 的 $\varepsilon_T^{(i)}$ 标准度和 $\neg P_i$ 的 $\varepsilon_F^{(i)}$ 标准度。 H_T 和 W 分别是对应 P 的真值程度向量和权值向量。向量 Y 记录呼叫到达时刻各影响因素的实时数值。 J 是判断矩阵,元素 J_{ij} 代表准则 i 和准则 j 之间重要性关系的量化值,设定 $J_{ij} = 1/J_{ji}$ 。若 $J_{ij} > 1$ 表示准则 i 比准则 j 重要,并且数值越大,重要性差距越大。

具体算法执行步骤如下:

Step1:应用AHP进行系统建模(参见第2节),依此定义向量 P 。根据网络自身需求,配置 $\alpha_T, \alpha_F, \varepsilon_T, \varepsilon_F$ 。根据准则之间的重要性关系,构造判断矩阵 J 。

Step2:对 J 执行一致性检测。根据式2计算一致性指标C.I.。 λ_{\max} 是 J 的最大特征值。然后,查阅平均随机一致性指标表^[12],确定 n 对应的平均随机一致性指标R.I.。最后,计算一致性比例C.R., C.R. = C.

I./R.I.。如果 $C.R. < 0.1$, 则判断矩阵 J 一致性的检测通过, 否则 J 不符合一致性要求, 需要进行适当的微调。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

(2)

Step3: 根据式 3 从判断矩阵中计算权值向量 W 。

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{J_{ij}}{\sum_{k=1}^n J_{kj}}$$

(3)

Step4: 基站一旦接收到新呼叫请求, 识别当前呼叫对象 $x(x \in X)$ 和网络状态对象 $s(s \in S)$ 的相关信息, 例如, 用户等级、业务类型、网络负载、用户信号强度等, 并依此构造向量 Y 。若当前队列为空 ($l = 0$), 并且网络可用资源大于呼叫所需资源, 则直接采用方案 2, 接纳呼叫。否则, 执行 Step5。

Step5: 将向量 Y 中各元素 $y_i(1 \leq i \leq n)$ 代入式 4, 计算出本次呼叫对应谓词向量 P 的真值程度向量 H_T , 并由式 5 对 H_T 进行归一化处理, 形成 $H_{Tn} = \{h_{Tn}^{(1)}, h_{Tn}^{(2)}, \dots, h_{Tn}^{(n)}\}$ 。

$$h_T^{(i)}(y_i) = \begin{cases} \frac{d(y_i, \alpha_F^{(i)} + \varepsilon_F^{(i)})}{d(\alpha_T^{(i)} + \varepsilon_T^{(i)}, \alpha_F^{(i)} + \varepsilon_F^{(i)})}, & y_i > \alpha_T^{(i)} + \varepsilon_T^{(i)} \\ 1, & \alpha_T^{(i)} - \varepsilon_T^{(i)} \leq y_i \leq \alpha_T^{(i)} + \varepsilon_T^{(i)} \\ \frac{d(y_i, \alpha_F^{(i)} + \varepsilon_F^{(i)})}{d(\alpha_T^{(i)} - \varepsilon_T^{(i)}, \alpha_F^{(i)} + \varepsilon_F^{(i)})}, & \alpha_F^{(i)} + \varepsilon_F^{(i)} < y_i < \alpha_T^{(i)} - \varepsilon_T^{(i)} \\ 0, & \alpha_F^{(i)} - \varepsilon_F^{(i)} \leq y_i \leq \alpha_F^{(i)} + \varepsilon_F^{(i)} \\ -\frac{d(y_i, \alpha_F^{(i)} - \varepsilon_F^{(i)})}{d(\alpha_T^{(i)} - \varepsilon_T^{(i)}, \alpha_F^{(i)} - \varepsilon_F^{(i)})}, & y_i < \alpha_F^{(i)} - \varepsilon_F^{(i)} \end{cases}$$

(4)

$$h_{Tn}^{(i)} = \frac{h_T^{(i)}}{\sum_{k=1}^n h_T^{(k)}} (1 \leq i \leq n)$$

(5)

Step6: 将真值程度向量和权值向量代入式 6 计算呼叫接入概率 P_a 。若队列未满, 根据 P_a 大小, 将呼叫请求插入队列 Q 。若队列满, 并且 P_a 比队列中已有呼叫的接入概率低, 则拒绝此呼叫, 否则, 往队列中加入本呼叫, 淘汰最低接入概率的呼叫。

$$P_a = \sum_{i=1}^n w_i h_{Tn}^{(i)}$$

(6)

Step7: 跳到 Step4, 继续处理新呼叫。

4 仿真结果

作者利用 matlab 仿真, 通过比较 AM-CAC 算法中不同的参数配置对吞吐量和呼叫阻塞率性能的影响, 分析网络性能与决策目标的关系。仿真场景设置如下: 设呼叫到达时间间隔和服务时长均服从泊松分布, 离开率 $\mu = 0.05$ 。系统总容量为 1000kbps, 支持语音、数据和视频三种呼叫类型, 均匀分布, 对应带宽分别为 64、32 和 128(kbps)。为简单起见, 用户等级和信号强度均取值为 1~10, 较大的数值代表较高的优先级, 或较强的信号。负载定义为队列占满率, 即 l/L 。呼叫实时性评价范围 0~1, 取值越大, 实时性越强。假设有网络 N1 和 N2, 两者设定相同的 $P, \alpha_T, \alpha_F, \varepsilon_T, \varepsilon_F$, 分别为 $P = \{P_1, P_2, P_3, P_4\} = \{\text{“负载轻”}, \text{“用户信号强”}, \text{“用户级别高”}, \text{“实时业务偏好”}\}, \alpha_T = [0.2, 8, 8, 0.8], \alpha_F = [0.8, 2, 2, 0.2], \varepsilon_T = \varepsilon_F = [0.1, 1, 1, 0.1]$ 。队列长度 $L = 100$ 。决策目标、准则重要性关系和其他参数如表 1 所示。其中, 为保障呼叫基本服务质量, 在 N1 和 N2 中, 反映终端与网络连接状态的准则 P_2 重要性均最大。经验证, 判决矩阵满足一致性要求。

图 1~4 是呼叫总数分别为 200 和 400 时网络平均吞吐量和呼叫阻塞率随呼叫到达率 λ 增加而变化的曲线。其中, $0.1 \leq \lambda \leq 1$ 。图 5 是当呼叫数目为 400, $\lambda = 0.5$ 时被拒绝呼叫在用户等级上的分布曲线。当 λ 取值较小, 两个网络的吞吐量性能相当, 几乎不存在呼损。当 λ 取较大数值时, N2 网络吞吐量性能优于 N1 网络, N1 的阻塞率高于 N2。N1 中拒绝呼叫的分布较均匀, 而 N2 中拒绝呼叫则主要分布在低用户等级上。由此可见, 当呼叫稀疏到达时, 网络有足够的闲置资源直接接纳呼叫, 决策偏好的差异几乎不影响不同网络呼叫处理过程; 随着呼叫到达频度增大, 网络自身偏好直接影响到呼叫排队、服务和被拒绝的先后次序。例如, 对于呼叫接入概率的生成, N1 极少考虑

表 1 参数表

网络	目标	谓词重要性关系	判断矩阵 J	权值向量 W
N1	保障基本服务质量, 避免网络过重负荷	$P_2 > P_1 > P_3 = P_4$	$\begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 4 & 4 \\ 2 & 1 & 8 & 8 \\ 1/4 & 1/8 & 1 & 1 \\ 1/4 & 1/8 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$[0.2857, 0.5714, 0.0714, 0.0714]$
N2	追求用户效用最大化, 尽量提高用户满意度	$P_2 > P_3 = P_4 > P_1$	$\begin{bmatrix} 1 & 1/8 & 1/4 & 1/4 \\ 8 & 1 & 2 & 2 \\ 4 & 1/2 & 1 & 1 \\ 4 & 1/2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$[0.0588, 0.4704, 0.2352, 0.2352]$

呼叫级别和业务类型,对呼叫接纳顺序近似于“先来先服务”,不同等级和类型的呼叫被拒绝的概率相近。N2 因优先接纳实时敏感且带宽大的视频、语音呼叫,从而形成不均衡的拒绝呼叫分布,获得比 N1 更高的吞吐量。通过分析得出,N1 以呼损和吞吐量为代价换取网络的较低负荷运行,而 N2 的呼损分布符合其用户效用和满意度的追求。

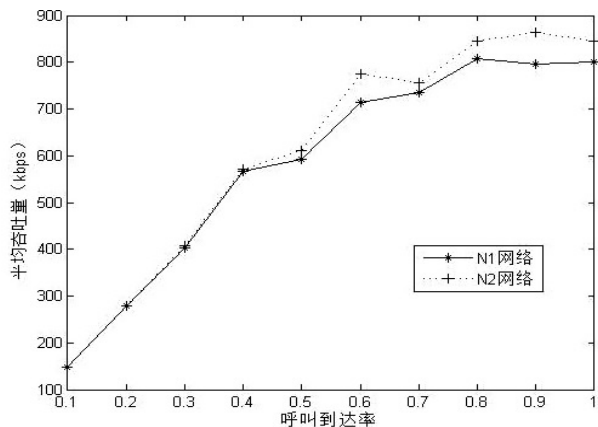


图 1 呼叫数为 200 时吞吐量性能曲线

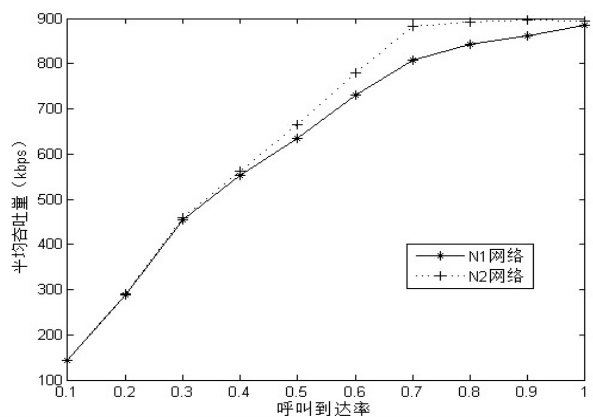


图 2 呼叫数为 400 时吞吐量性能曲线

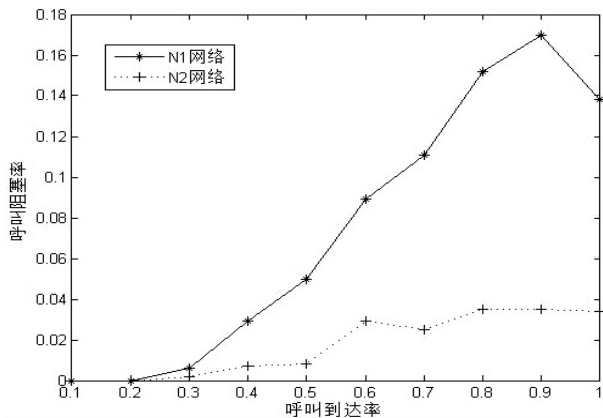


图 3 呼叫数为 200 时呼叫阻塞率曲线

根据呼叫特性和网络状况实时计算到达呼叫的接入概率,作为接纳决策依据。网络根据自身的需求设定决策所依据的诸多准则,应用层次分析法,在定性比较各准则重要性的基础上,以权值向量的形式定量描述各准则对于决策的影响力。在计算呼叫接入概率的过程中,引入中介真值程度度量方法来统一量化各影响因素相对准则的真值程度,解决异构网络在描述同一技术参量时存在的量纲不一致的现象。实验结果表明,文中所提算法对于不同网络的决策偏好、性能目标要求具有很好的适应能力。

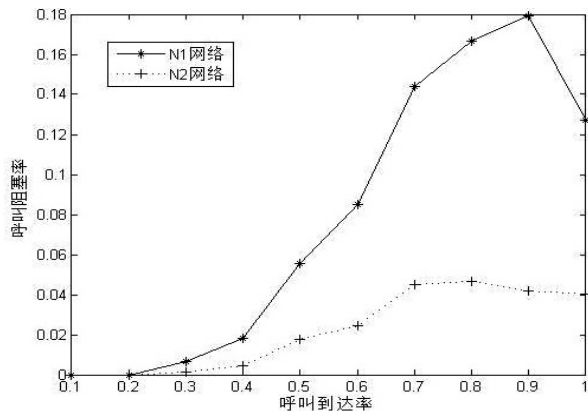


图 4 呼叫数为 400 时呼叫阻塞率曲线

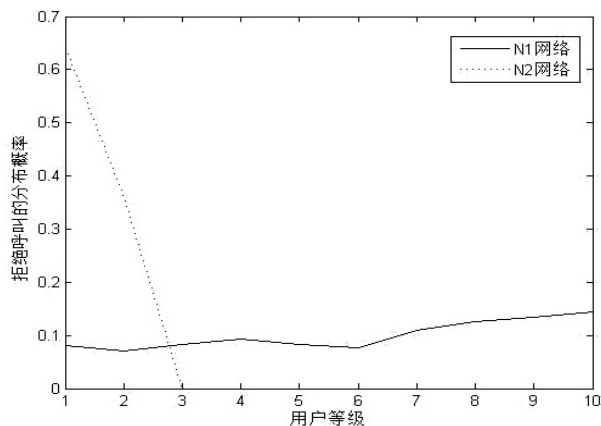


图 5 $\lambda = 0.5$ 时拒绝呼叫的分布曲线

参考文献:

- [1] 李 波,吴成柯,李 冬.基于预留信道和强占优先组结合的接入策略[J].通信学报,2000,21(3):12-18.
- [2] 朱 刚,牛桂新.一种资源预留智能呼叫接纳控制方法及装置:中国,CN1678120[P].2005-10-05.
- [3] Krishna P V, Misra S, Obaidat M S. An efficient approach for distributed dynamic channel allocation with queues for real-time and non-real-time traffic in cellular networks[J]. The Journal of Systems and Software, 2009, 82(7): 1112-1124.
- [4] Huang J H, Qian D F, Wang S L. Call admission control algorithm based on dynamic bandwidth reservation and bandwidth degradation[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2007,

(下转第 90 页)

5 结束语

为屏蔽不同无线网络在决策偏好、技术特性上的差异性,作者提出一种适应性强的呼叫接纳控制方法,

图 2 是 Hall 视频序列的分割结果,第二列是文献[13]的分割结果,第三列是文中的分割结果,通过实验结果可以看出,文中的算法,较好地分割实验数据中运动对象的轮廓。因此,通过上面的实验结果可以得出,文中提出的运动对象的处理方法是合理的。



图 2 Hall 序列的分割结果

6 结束语

文中基于 H. 264 压缩域提出了一种分割算法,首先对运动矢量进行处理,包括归一化、去噪、累积,然后将有效函数作为循环条件,通过使用核聚类对运动矢量进行分割,最后分割出运动对象。由于使用核聚类和自适应的分类方法,且初始化隶属度函数是使用当前数据进行初始化,而不是随机的初始化,因此能够准确地自学习地分割运动对象。实验结果表明能够有效分割出运动对象,但文中的视频分割序列是基于背景静止的条件,因此,对于摄像头运动的情况还需要进一步研究。

参考文献:

[1] Zeng W, Du J, Gao W. Robust moving object segmentation on H. 264/AVC compressed video using the block-based MRF

(上接第 86 页)

41(6):683-687.
[5] Badia L, Lindstrom M, Zander J, et al. An Economic Model for the Radio Resource Management in Multimedia Wireless Systems[J]. Computer Communications, 2004, 27(11): 1056-1064.
[6] 丛秋实,姜爱全,潘纪明. 无线/移动网络中基于价格的接纳控制方案[J]. 计算机工程与应用, 2006(33): 125-128.
[7] Senouci S M, Beylot A, Pujolle G. Call admission control in cellular networks: a reinforcement learning solution[J]. International Journal of Network Management, 2004, 14(2): 89-103.
[8] 洪 龙,肖奚安,朱梧楨. 中介真值程度的度量及其应用

model[J]. Real-time Imaging, 2005, 11(4): 290-299.

[2] Liu Z, Lu Y, Zhang Z. Real-time spatiotemporal segmentation of video objects in the H. 264 compressed domain[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2007, 18(3): 275-290.
[3] Babu R V, Ramakrishnan K R, Srinivasan S H. Video object segmentation: A compressed domain approach[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2004, 14(4): 462-474.
[4] Haykin S. Kalman filtering and neural networks[M]. New York: John Wiley and Sons, 2001.
[5] Chiu S L. Fuzzy model identification based on cluster estimation[J]. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 1994, 2(3): 263-278.
[6] 裴继红,范九伦,谢维信. 聚类中心的初始化方法[J]. 电子科学学刊, 1999, 21(3): 320-325.
[7] 张 莉,周传达,焦李成. 核聚类算法[J]. 计算机学报, 2002, 25(6): 587-590.
[8] Xie X L, Beni G. A Validity Method for Fuzzy Clustering[J]. IEEE Trans on PAMI, 1991, 13(8): 841-847.
[9] 增运伟,金炜东,朱 明,等. 核模糊 C 均值算法的聚类有效性研究[J]. 计算机科学, 2007, 34(2): 207-210.
[10] Kim D W, Lee K Y, Lee D. Evaluation of the Performance of Clustering Algorithms in Kernel Induced Feature Space[J]. Pattern Recognition, 2005, 38(4): 607-611.
[11] Zahid N, Limouri M, Essaid A. A new cluster validity for fuzzy clustering[J]. Pattern Recognition, 1999, 32(7): 1089-1097.
[12] 于 剑,程乾生. 模糊聚类方法中的最佳聚类数的搜索范围[J]. 中国科学(E 辑), 2002, 32(2): 275-280.
[13] Venkatesh B R, Ramakrishnan K R, Srinivasan S H. Video Object Segmentation: A Compressed Domain Approach[J]. IEEE Transactions on Circuits Systems for Video Technology, 2004, 14(4): 462-474.
[1] [J]. 计算机学报, 2006, 29(12): 2186-2193.
[9] 洪 龙,肖奚安,朱梧楨. 中介真值程度的度量及其应用(II)[J]. 计算机学报, 2007, 30(9): 1551-1558.
[10] Zhou Ningning, Zhao Zhengxu, Hong Long, et al. A New Image Edge Detection Algorithm Based on Measuring of Medium Truth Scale[C]//Proceeding of 5th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control. Sanya, China: [s. n.], 2008: 698-703.
[11] 成卫青,龚 俭,丁 伟. 基于流特性和真值程度的 VoIP 语音质量单端客观评价[J]. 通信学报, 2008, 29(4): 30-39.
[12] 赵焕臣,许树柏,和金生. 层次分析法[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 23-32.

基于AHP和MMTD的呼叫接纳控制方法AM-CAC

作者:

[王雪梅](#), [张登银](#), [WANG Xue-mei](#), [ZHANG Deng-yin](#)

作者单位:

[王雪梅, WANG Xue-mei \(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京, 210003\)](#), [张登银, ZHANG Deng-yin \(南京邮电大学 科技园管理办公室, 江苏 南京, 210003\)](#)

刊名:

[计算机技术与发展](#)

ISTIC

英文刊名:

[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):

[2013 \(8\)](#)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjz201308021.aspx