

文章编号:1001-9081(2013)09-2455-05

doi:10.11772/j.issn.1001-9081.2013.09.2455

基于声望模型的联合呼叫接纳控制算法

李真^{1*}, 朱磊¹, 陈栩彬², 蒋海霞¹

(1. 解放军理工大学 通信工程学院, 南京 210007; 2. 解放军理工大学 指挥信息系统学院, 南京 210007)

(* 通信作者电子邮箱 ruoshui0908@yeah.net)

摘要:为了弥补异构无线网络中呼叫接纳控制研究场景的局限性,降低终端选择接入网时的盲目性,将研究场景从两个接入网延伸为多个接入网,提出一种基于声望模型的联合呼叫接纳控制算法。将声望模型应用于网络选择过程,增加了网络反馈机制。在用户侧,终端根据网络声望值大小选择接入网;在网络侧,采用动态带宽分配和缓冲队列策略来提高接入成功率。仿真结果表明,该算法有效降低了新呼叫阻塞率和切换呼叫掉线率。

关键词:联合呼叫接纳控制; 声望模型; 动态带宽分配; 缓冲队列

中图分类号:TN915.07 文献标志码:A

Joint call admission control algorithm based on reputation model

LI Zhen^{1*}, ZHU Lei¹, CHEN Xushan², JIANG Haixia¹

(1. College of Communications Engineering, PLA University of Science and Technology, Nanjing Jiangsu 210007, China;

2. College of Command Information Systems, PLA University of Science and Technology, Nanjing Jiangsu 210007, China)

Abstract: In order to make up for the limitation of research scenario of call admission control in heterogeneous wireless networks and reduce blindness of access network selection, the scenario was extended from integrated system with two networks to integrated system with multiple networks, and a joint call admission control algorithm based on reputation model was proposed. The reputation model was applied in the network selection and feedback mechanism. On the user side, the terminals chose the access network according to the networks' reputation; on the network side, the networks made decisions by adaptive bandwidth management and buffer queuing policy to enhance the probability of successful acceptance. Simulation results show that by using the proposed algorithm, new call blocking probability and handoff call dropping probability can be reduced effectively.

Key words: joint call admission control; reputation model; adaptive bandwidth management; buffer queuing

0 引言

目前,异构性已经成为无线接入网的显著特点,各种覆盖范围不同、技术参数各异、网络特性不一的无线接入网相互共存^[1]。随着通信技术的发展和业务的多元化,用户对服务质量(Quality of Service, QoS)的要求也不断提高,如何更加有效地管理和使用无线资源成为运营商最关心的问题之一^[2]。呼叫接纳控制(Call Admission Control, CAC)是无线资源管理的重要组成部分,负责对用户的接入请求进行准许判决,决定是否允许系统为用户提供相应请求的服务^[3]。异构网中的CAC不仅要考虑资源条件和不损害条件,还要决定接入到哪个网络中最合适^[4]。

根据决策因素和决策目标的不同,异构网中的CAC主要有基于马尔可夫决策过程的CAC^[5]、基于QoS的CAC^[6]、联合呼叫接纳控制(Joint Call Admission Control, JCAC)^[7]等,通过运用马尔可夫决策理论、计算网络收益等方法提高接入成功率和资源利用率。但是,许多研究都是针对两种网络融合环境下的CAC进行分析验证,并且在终端选择接入网时未考虑网络的反馈。本文将研究背景延伸为多种网络融合的异构接入网,提出一种基于声望模型的JCAC算法。该算法将具有反馈功能的声望模型应用于网络选择过程,用户选择声望

值较高的网络,提高了接入成功概率,并且在网络侧采用动态带宽分配、缓冲队列与传统CAC相结合的策略来降低切换呼叫掉线率。本文提出的JCAC算法主要达到以下目标:

- 1) 根据业务特性、网络声望值选择合适的优先接入网络,尽量满足用户的QoS需求;
- 2) 平衡各个接入网之间的负载,以保证公平性;
- 3) 降低新呼叫阻塞率和切换呼叫掉线率,提高系统资源利用率。

1 系统模型

考虑一种包含J个不同无线接入网的异构网络场景,网络中的无线资源可以联合使用^[8]。本文忽略底层的不同接入技术,用等效带宽^[9]来表示接入网的系统容量,设第j个接入网有W_j个基本带宽单元(Basic Bandwidth Unit, BBU)。网络中有I类不同业务,每类业务有不同的带宽需求和呼叫持续时间,每类业务均有新呼叫和切换呼叫,本文只考虑垂直切换。相比新呼叫阻塞,已接入呼叫的中断更加让用户无法接受,因此在每个接入网中为切换呼叫预留部分带宽。

设各类业务的新呼叫到达率和切换呼叫到达率分别服从均值为λ_iⁿ和λ_i^h的泊松分布,呼叫持续时间分别服从均值为1/μ_iⁿ和1/μ_i^h的指数分布^[10-11]。由泊松过程的性质^[12]可知,

收稿日期:2013-04-05;修回日期:2013-05-22。

作者简介:李真(1988-),女,山东潍坊人,硕士研究生,主要研究方向:通信网管理; 朱磊(1973-),男,江苏南京人,教授,博士,主要研究方向:通信网管理与规划; 陈栩彬(1987-),男,江苏南京人,博士研究生,主要研究方向:多媒体信息处理; 蒋海霞(1974-),女,江苏淮阴人,副教授,主要研究方向:数字通信。

第 j 个接入网中第 i 类业务的新呼叫和切换呼到达率也服从泊松分布, 其均值分别为 $\lambda_{i,j}^n$ 和 $\lambda_{i,j}^h$ 。为每类业务设置最大可分配带宽 $b_{i,\max}$ 和最小可分配带宽 $b_{i,\min}$ 。

用户终端可以申请接入覆盖其所处区域的网络, 各网络可以接入本网络覆盖范围内用户发起的新呼叫以及从其他网络切换过来的呼叫。

2 基于声望模型的联合呼叫接纳控制算法

2.1 声望模型

声望模型(Reputation Model)^[13]中节点分为两类:服务提供者和服务请求者。单次服务交互结果指请求者和服务器交互后对本次交互服务品质的说明。本文采用的 Beta 声望模型^[14]是基于二值的, 即服务结果取值为“好”和“坏”, 可用 1, 0 表示。第 j 个接入网的声望值可定义为: 用户呼叫接入到该网络的成功概率 $P_j, P_j \in [0, 1]$, 它是根据一段时间内用户与接入网的交互结果计算出来的。

单次交互的结果是一个四元组 $\langle i, j, t, v \rangle, v \in \{0, 1\}$, 可以将其描述为 $o_{ij}^t = v$, 表示用户 i 与接入网 j 在时刻 t 进行了一次交互, 交互结果为 v 。用户 i 与接入网 j 在 T 时刻以前所有交互结果的集合可表示为 $O_{ij}^T = \{o_{ij}^t | t \leq T\}$, 简记为 O_{ij} , 其中 o_{ij}^t 构成了二者的交互历史。

Beta 声望模型中采用 Beta 分布函数来估算各个接入网的声望值, 其主要思想描述如下: 假设用户 i 与接入网 j 经过若干次交互后, 交互历史可以用如下形式的 $\langle good_{ij}, bad_{ij} \rangle$ 二元组表示:

$$\begin{cases} good_{ij} = \sum_{t < T} o_{ij}^t \\ bad_{ij} = \sum_{t < T} (1 - o_{ij}^t) \end{cases} \quad (1)$$

其中 $good_{ij}$ 代表用户 i 成功接入网络 j 的次数, bad_{ij} 代表失败的次数。

根据贝叶斯统计理论, 用户呼叫接入第 j 个网络的成功概率 P_j 的后验概率密度函数可以表述为 Beta 分布的形式:

$$f(P_j | \alpha_{ij}, \beta_{ij}) = \frac{\Gamma(\alpha_{ij} + \beta_{ij})}{\Gamma(\alpha_{ij})\Gamma(\beta_{ij})} P_j^{\alpha_{ij}-1} (1 - P_j)^{\beta_{ij}-1}; \\ \alpha_{ij} = good_{ij} + 1; \quad \beta_{ij} = bad_{ij} + 1 \quad (2)$$

其中 $\Gamma(\cdot)$ 代表 Gamma 函数。

$$\Gamma(z) = \int_0^{+\infty} e^{-t} t^{z-1} dt \quad (3)$$

利用式(2)可求得 Beta 分布的期望值, 作为用户 i 对 P_j 的估计值 \hat{P}_{ij} :

$$\hat{P}_{ij} = \int_0^1 f(P_j | \alpha_{ij}, \beta_{ij}) P_j dP_j = \frac{\alpha_{ij}}{\alpha_{ij} + \beta_{ij}} = \\ \frac{good_{ij} + 1}{good_{ij} + bad_{ij} + 2} \quad (4)$$

动态性指服务提供者的品质随时间推移可能会发生改变。目前, 在声望系统中处理服务质量动态性变化主要采用遗忘因子法^[15]。遗忘因子法是通过给所有的交互结果乘上一个遗忘因子的时间衰减函数, 使得越早期的交互结果被遗忘得越多, 而越近期的交互结果被遗忘得越少, 从而使计算出的声望值更能真实可靠地反映服务提供者近期的品质。

本文中时间衰减函数 $f(t)$ 取为指数衰减形式:

$$f(t) = e^{-\varphi(T-t)} \quad (5)$$

其中: $\varphi (\varphi \geq 0)$ 被称作遗忘因子, 它控制着声望模型的遗忘速度。

在引入时间衰减函数 $f(t)$ 后, 式(1)变为:

$$\begin{cases} good_{ij} = \sum_{t < T} o_{ij}^t e^{-\varphi(T-t)} \\ bad_{ij} = \sum_{t < T} (1 - o_{ij}^t) e^{-\varphi(T-t)} \end{cases} \quad (6)$$

再将式(6)的结果代入式(2)即可求得考虑遗忘性之后的声望值。

遗忘因子 φ 越大代表较久的经验重要性降低程度越大, 同时信息量的损失也越大; φ 越小代表较久的经验重要性降低程度越小, 同时信息量的损失也越小。通常采用经验的方法确定 φ 的大小。

将声望模型应用到 JCAC 的网络选择过程中, 用户优先选择声望值较高的网络, 即优先选择近期接入成功率较高的网络, 有利于降低新呼叫阻塞率和切换呼叫掉线率。

2.2 动态带宽分配与缓冲队列

2.2.1 动态带宽分配

多媒体业务的带宽需求是适应性的, 可以根据系统状态变化动态调整分配给它的带宽。当网络中资源不足时, 采取动态带宽分配(Adaptive Bandwidth Management, ABM)^[7]策略。该策略主要体现在两个方面: 一是降低到达呼叫的带宽需求, 分配给它最小带宽; 二是降低已接入呼叫的带宽, 以接受更多的用户呼叫。

当剩余带宽不足以接受到来呼叫时, 首先触发到达呼叫降级机制, 若带宽依然不够, 则触发在线呼叫降级机制, 随机选取网络中的一个在线呼叫, 将其分配的带宽降低至最小可分配带宽。采用 ABM, 根据网络带宽使用情况分配资源, 提高了呼叫接入成功率和资源利用率。

2.2.2 缓冲队列

为降低切换呼叫阻塞率, 对切换呼叫采取排队(Queuing)的策略。根据不同业务对时延的要求, 设置排队定时器的超时时间也不同, 例如语音业务与数据业务的超时时间可以分别设置为 100 ms 和 1 s。

为了节省网络资源, 保证更多切换呼叫成功接入, 本文采用时延敏感业务优先和高响应比优先^[16]相结合的缓冲区排队策略, 既考虑了业务特性, 又考虑了呼叫对资源的占用情况和呼叫到达的先后顺序。其中, 高响应比优先策略的优先权变化规律可描述为:

$$\text{优先权} = (\text{已等待时间} + \text{要求服务时间}) / \text{要求服务时间}$$

由此可知, 若等待时间相同, 则要求服务时间越短, 优先权越高, 有利于接入更多的呼叫; 若要求服务时间相同, 则等待时间越长, 优先权越高, 有利于降低平均等待时间。

2.3 算法流程

综合考虑业务特性、网络负载及声望值等, 设置下面的网络选择原则:

1) 非重叠区域的新呼叫只能接入该区域的接入网。

2) 对于重叠区域的新呼叫考虑两个方面的因素: 一是根据业务特性、QoS 需求选择合适的优先网络; 二是选择声望值较高、负载较小的网络。

针对每类业务请求根据其特性预先为其设置优先网络, 例如属于会话类的新呼叫优先接入时延小的网络(如蜂窝网等), 并根据声望值大小对优先网络进行排序。当优先网络无法满足新呼叫的带宽需求时, 新呼叫选择该区域中负载比较小的网络接入, 以平衡各网络间的负载。

3) 切换呼到达重叠区域, 与重叠区的新呼叫处理方法类似, 只是优先接入预留带宽。当切换的目标网络都无法接

入时,如果仍在原网络覆盖范围内则驻留原网络,否则切换呼叫掉线。

4) 呼叫切换到非重叠区域只能接入覆盖该区域的接入网。基于声望的联合呼叫接纳控制算法流程如图1所示。

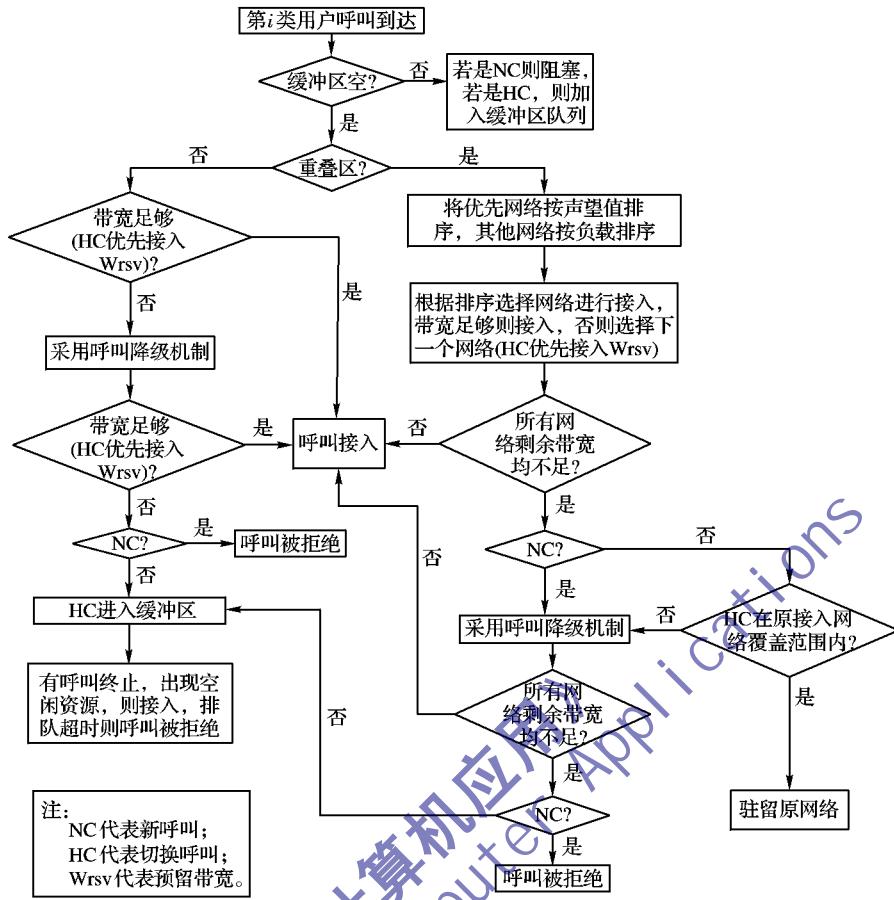


图1 算法流程

3 性能分析

采用马尔可夫链对本文提出的JCAC算法进行分析,网络状态用一个 $I \times J \times 2$ 维的向量 s 来表示,即

$$s = (x_{ij}, y_{ij}); i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J \quad (7)$$

其中:非负整数 x_{ij} 表示第 j 个接入网中已接入的 i 类新呼叫数,非负整数 y_{ij} 表示第 j 个接入网中已接入的 i 类切换呼叫数。状态空间 S 是异构网络的所有可能的接纳状态的集合,表示为:

$$\begin{aligned} S = \{s | s = (x_{ij}, y_{ij}; i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J), \\ \left(\sum_{i=1}^I \sum_{c=1}^{x_{ij}} b_{i,assigned_c} \leq W_j - W_{j,rv}, \forall j \right) \cap \\ \left(\sum_{i=1}^I \sum_{c=1}^{y_{ij}} b_{i,assigned_c} \leq W_j, \forall j \right) \cap \\ \left(\sum_{i=1}^I \sum_{c=1}^{x_{ij}} b_{i,assigned_c} + \sum_{i=1}^I \sum_{c=1}^{y_{ij}} b_{i,assigned_c} \leq W_j, \forall j \right) \} \quad (8) \end{aligned}$$

其中: $W_{j,rv}$ 表示第 j 个网络中预留带宽; $b_{i,assigned_c}$ 表示分配给 i 类呼叫 c 的带宽;限制条件表示每个接入网中,各类呼叫占用的带宽不能超过其可用的总带宽,所有呼叫占用的带宽不能超过该接入网的总带宽。该 $I \times J \times 2$ 维马尔可夫链的稳态概率为:

$$P(s) = \prod_{i=1}^I \prod_{j=1}^J P(x_{ij}) P(y_{ij}) \quad (9)$$

分别用 α_{ij}^n 和 α_{ij}^h 表示第 j 个接入网中 i 类用户新呼叫和切换呼叫的呼叫强度:

$$\begin{cases} \alpha_{ij}^n = \lambda_{ij}^n / \mu_i^n \\ \alpha_{ij}^h = \lambda_{ij}^h / \mu_i^h \end{cases} \quad (10)$$

则马尔可夫链的稳态概率为:

$$\begin{aligned} P(s) = \prod_{i=1}^I \prod_{j=1}^J \frac{(\alpha_{ij}^n)^{x_{ij}} / (x_{ij})! (\alpha_{ij}^h)^{y_{ij}} / (y_{ij})!}{\sum_{x_{ij}} (\alpha_{ij}^n)^{x_{ij}} / (x_{ij})!} \sum_{y_{ij}} (\alpha_{ij}^h)^{y_{ij}} / (y_{ij})! = \\ \frac{1}{G} \prod_{i=1}^I \prod_{j=1}^J \frac{(\alpha_{ij}^n)^{x_{ij}} (\alpha_{ij}^h)^{y_{ij}}}{(x_{ij})! (y_{ij})!}; \forall s \in S \quad (11) \end{aligned}$$

其中:

$$\begin{aligned} G = \prod_{i=1}^I \prod_{j=1}^J \sum_{x_{ij}} \frac{(\alpha_{ij}^n)^{x_{ij}}}{(x_{ij})!} \sum_{y_{ij}} \frac{(\alpha_{ij}^h)^{y_{ij}}}{(y_{ij})!} = \\ \sum_{s \in S} \prod_{i=1}^I \prod_{j=1}^J \frac{(\alpha_{ij}^n)^{x_{ij}} (\alpha_{ij}^h)^{y_{ij}}}{(x_{ij})! (y_{ij})!} \end{aligned}$$

可知 G 为常量。

1) 基于声望模型的JCAC算法的新呼叫阻塞率。若新呼到达时所有可选择的接入网都无法满足其最低带宽需求,则被阻塞。 J' 表示覆盖新呼到达区域的接入网集合, S_i^n 表示 i 类新呼叫被阻塞的状态集,则

$$\begin{aligned} S_i^n = \{s | s \in S, (b_{i,min} + \sum_{i=1}^I x_{ij} b_{i,min} > W_j - W_{j,rv}) \cup \\ (b_{i,min} + \sum_{i=1}^I (x_{ij} + y_{ij}) b_{i,min} > W_j) \forall j \in J'\} \quad (12) \end{aligned}$$

因此, i 类用户新呼叫阻塞率 P_i^n 为:

$$P_i^n = \sum_{s \in S_i^n} P(s) \quad (13)$$

2) 基于声望模型的JCAC算法的切换呼叫掉线率。若切

换呼叫到达时所有可选择的接入网都无法满足其最低带宽需求,并且无法驻留原网络,当缓冲区满或者在缓冲区排队超时,则呼叫掉线。 J'' 表示覆盖切换呼叫到达区域(不含原网络)的接入网集合, L 和 l 分别表示缓冲区大小和队列长度, T_i 和 t_{ij} 分别表示 i 类呼叫定时器超时时间和接入网 j 的缓冲区中的 i 类呼叫已排队时间, S_i^h 为 i 类切换呼叫被阻塞的状态集,则

$$S_i^h = \left\{ s \mid s \in S, \left(b_{i,\min} + \sum_{j=1}^l (x_{ij} + y_{ij}) b_{i,\min} > W_j \right) \cap \left[(l > L) \cup t_{ij} > T_i \right] \forall j \in J'' \right\} \quad (14)$$

因此, i 类切换呼叫掉线率 P_i^h 为:

$$P_i^h = \sum_{s \in S_i^h} P(s) \quad (15)$$

3) 系统开销。声望模型和动态带宽分配的算法时间复杂度均为 $O(1)$, 并且空间开销也很小。采用缓冲队列策略会占用系统的存储空间,但是因为队列长度较低,所以空间开销也较低。因此,与未采用上述策略的 JCAC 相比,本文提出的基于声望模型的 JCAC 算法对判决时延和系统开销的增加较小。

4 仿真实验

仿真场景如图 2 所示,选取语音、数据两种业务类型。设 WiMax、蜂窝网、WLAN 分别为网络 1、网络 2、网络 3,其 BBU 分别为 $W_1 = 40$, $W_2 = 20$, $W_3 = 30$, 语音业务所需 BBU 固定为 2,数据业务所需 BBU 为 3~5 的随机数,WiMax 预留 BBU 为 8,蜂窝网预留 BBU 为 6。设系统总平均呼叫到达率为 λ ,新呼叫与切换呼叫到达率分别为 $2\lambda/3$ 和 $\lambda/3$,语音呼叫、数据呼叫的比例为 1:1,语音呼叫持续时间为 0.3 s,数据呼叫持续时间为 0.4 s。切换语音业务与切换数据业务的排队超时时间分别为 100 ms 和 1 s。根据文献 [14],将声望模型中遗忘因子 φ 设置为 0.01。

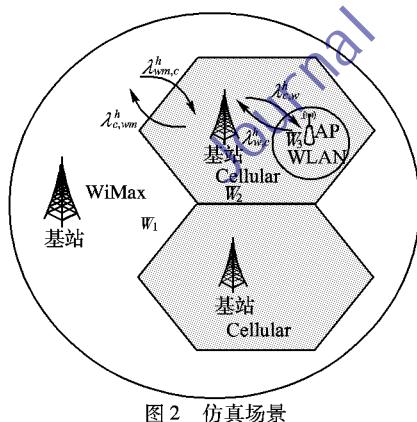


图 2 仿真场景

在仿真场景中分别对四种算法进行了仿真实验。图 3 表明,采用 ABM 策略的 JCAC 的新呼叫阻塞率明显低于未采用 ABM 的 JCAC,因为当网络资源不足时,减少分配给用户的带宽,只保证其最低 QoS 需求,提高了接入成功率。JCAC 中采用缓冲队列策略后,新呼叫阻塞率略高于未采用缓冲队列的 JCAC,因为缓冲区若有等待的切换呼叫,新呼叫就会被阻塞。JCAC 算法中采用声望模型后,在进行网络选择时考虑了接入网的声望值,优先选择接入成功概率较高的网络,从而有效降低了新呼叫阻塞率。

图 4 表明,采用 ABM 的 JCAC 的切换呼叫掉线率显著降

低。JCAC 中采用缓冲队列策略后,由于网络中带宽不足时,切换呼叫可以进入缓冲队列等待接入,降低了切换呼叫掉线率。JCAC 算法中采用声望模型后,有效降低了切换呼叫掉线率。

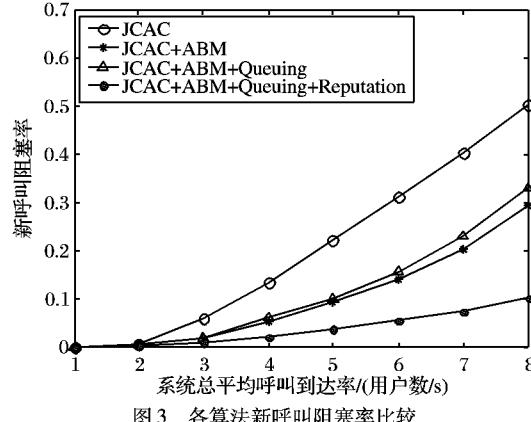


图 3 各算法新呼叫阻塞率比较

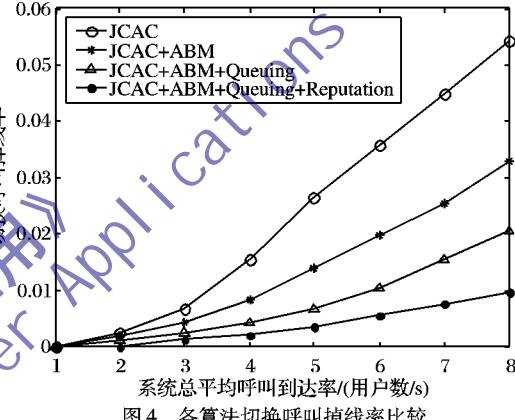


图 4 各算法切换呼叫掉线率比较

为全面地考虑系统性能,定义一个服务等级 (Grade of Service, GoS)^[17] 变量:

$$GoS = M * P^h + P^n$$

其中 M 为加权因子。因为系统对切换呼叫掉线率的要求比对新呼叫阻塞率的要求低,这里取 $M = 10$ 。GoS 性能指标能在切换呼叫掉线率和新呼叫阻塞率之间达到较好的折中,比较综合地反映系统的性能,其值越小,则系统性能改善越显著。

图 5 显示了四种算法的 GoS 值,从中可看出:JCAC 算法采用动态带宽分配策略、缓冲队列策略、声望模型后,均降低了 GoS,获得了较好的系统性能。

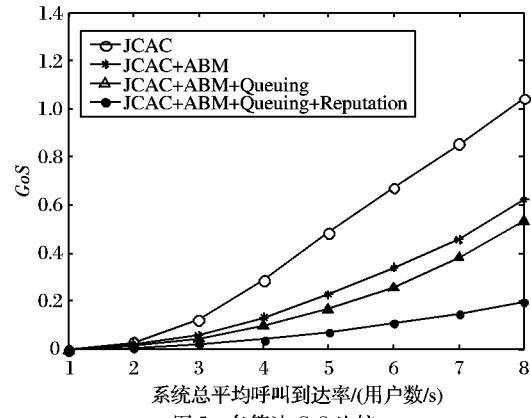


图 5 各算法 GoS 比较

5 结语

本文提出异构融合网络中一种基于声望模型的 JCAC 算法,算法中采用了声望模型、动态带宽分配策略、缓冲队列策

略,同时赋予切换呼叫比新呼叫更高的优先级。采用马尔可夫链模型对所提出算法的新呼叫阻塞率和切换呼叫掉线率进行了理论分析。仿真结果表明,在满足各类用户的QoS需求的同时,本文算法降低了新呼叫阻塞率和切换呼叫掉线率,提高了系统整体性能和连接级QoS。

参考文献:

- [1] 周文安,冯瑞军,刘露.异构/融合网络的QoS管理与控制技术[M].北京:电子工业出版社,2009:2-3.
- [2] JORGUESKI L, PRASAD R. Overview of Radio Resource Management (RRM) issues in multi-radio access systems [C]// Proceedings of the 7th European Conference on Wireless Technology. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2004: 97-100.
- [3] AHMED M H. Call admission control in wireless networks: a comprehensive survey [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2005, 7(1): 49-68.
- [4] SKEHILL R, BARRY M, KENT W, et al. The common RRM approach to admission control for converged heterogeneous wireless networks [J]. IEEE Wireless Communications, 2007, 14(2): 48-56.
- [5] 邓强,陈山枝,胡博,等.异构无线网络中基于马尔可夫决策过程的区分业务接纳控制的研究[J].通信学报,2010,31(12):27-36.
- [6] KYRIAZAKOS S A, KARETSOS G T, TSIROPOULOS G, et al. Admission control for QoS support in heterogeneous 4G wireless networks [J]. IEEE Network, 2008, 22(3): 30-37.
- [7] FALOWO O E, CHAN H A. Adaptive bandwidth management and joint call admission control to enhance system utilization and QoS in heterogeneous wireless networks [J]. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2007, 2007(3): 1-11.
- [8] GIUPPONI L, AGUSTI R, PEREZ-ROMERO J, et al. Joint radio resource management algorithm for multi-RAT networks [C]// GLOBECOM 2005: IEEE Global Telecommunications Conference 2005. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2005: 3851-3855.
- [9] NASSER N, HASSANEIN H. Adaptive bandwidth framework for provisioning connection-level QoS for next-generation wireless cellular networks [J]. Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering, 2004, 29(1): 101-108.
- [10] WANG J, ZENG Q A, AGRAWAL D P. Performance analysis of a preemptive and priority reservation handoff scheme for integrated service-based wireless mobile networks [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2003, 2(1): 65-75.
- [11] BO X, CHEN Z. On call admission and performance evaluation for multiservice CDMA networks [J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2004, 8(1): 98-108.
- [12] 樊平毅.随机过程理论与应用[M].北京:清华大学出版社,2005:94-95.
- [13] XIONG L, LIU L. PeerTrust: supporting reputation-based trust for peer-to-peer electronic communities [J]. IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering, 2004, 16(7): 843-85.
- [14] 贡佳伟,单明辉,陈君,等.声望模型中一种动态选择遗忘因子的方法[J].计算机工程与应用,2009,45(17):19-21.
- [15] JØSANG A, ISMAIL R, BOYD C. A survey of trust and reputation systems for online service provision [J]. Decision Support Systems, 2007, 43(2): 618-644.
- [16] 汤小丹,梁红兵,哲凤屏,等.计算机操作系统[M].3版.西安:西安电子科技大学出版社,2007:91-93.
- [17] 龚文斌,甘仲民.无线移动通信系统中的呼叫接入控制[J].通信学报,2003,24(8): 135-144.

(上接第2439页)

5 结语

本文将社区结构应用到研究影响力传播问题中,提出一种基于网络社区的影响力评估模型。通过对节点间影响激活概率的定义,有效地挖掘出了各个社区的核心节点集。并在全局网络中有效而快速地找到合理的 k 个初始节点,使其以最小的代价让信息在整个网络中得到了最广泛的传播,实现影响力的最大化。通过真实网络数据实验证明,与传统方法相比该模型不仅大大降低了时间复杂度,还取得了更大的影响范围。有利于更方便快捷地对网络全局及局部各个社区领域加强监视管控能力,具有一定的灵活性和实效性。但后续在影响力节点的挖掘选择中应更加全面地结合网络各种属性特征,进一步精确影响效果,贴近真实。

参考文献:

- [1] 刘耀庭.社交网络结构研究[D].杭州:浙江大学,2008.
- [2] KWAK H, LEE C, PARK H. What is Twitter, a social network or a news media[C]// Proceedings of the 19th International Conference on World Wide Web. New York: ACM Press, 2010: 591-600.
- [3] WENG J, LIM E P, JIANG J. TwitteRank: finding topic-sensitive influential twitterers[C]// Proceedings of the 3rd ACM International Conference on Web Search and Data Mining. New York: ACM Press, 2010: 261-270.
- [4] 杨长春,俞克非,叶施仁,等.一种新的中文微博社区博主影响力的评估方法[J].计算机工程与应用,2012,38(25): 229-233.
- [5] 肖宇,许炜,商召玺.微博用户区域影响力识别算法及分析[J].计算机科学,2012,39(9): 38-42.
- [6] RICHARDSON M, DOMINGOS P. Mining knowledge-sharing sites for viral marketing[C]// Proceedings of the Eighth ACM SIGKDD International Conference On Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM Press, 2002: 61-70.
- [7] WATTS D J. A simple model of global cascades on random networks [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2002, 99(9): 5766-5771.
- [8] CRANOVETTER M. Threshold models of collective behavior[J]. American Journal of Sociology, 1978, 83(6): 1420-1433.
- [9] KEMPE D, KLEINBERG J, TARDOS E. Maximizing the spread of influence through a social network[C]// Proceedings of the ninth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data mining. New York: ACM Press, 2003: 137-146.
- [10] LESKOVEC J, KRAUSE A, GUESTRIN C, et al. Cost-effective outbreak detection in networks[C]// Proceedings of the 13th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM Press, 2007: 420-429.
- [11] CHEN W, WANG Y, YANG S. Scalable influence maximization for prevalent viral marketing in large scale social networks[C]// Proceedings of the 16th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM Press, 2010: 807-816.
- [12] 田家堂,王轶彤,冯小军.一种新型的社会网络影响最大化算法[J].计算机学报,2011,34(10): 1956-1964.
- [13] 黎雷.社会网络影响力模型及其算法研究[D].北京:北京交通大学,2010.