

无线多媒体网络中动态越区切换方案*

魏丫丫⁺, 林 闯, 任丰原, 付 强

(清华大学 计算机科学与技术系, 北京 100084)

A Dynamic Handoff Scheme in Multimedia Wireless Networks

WEI Ya-Ya⁺, LIN Chuang, REN Feng-Yuan, FU Qiang

(Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

+ Corresponding author: E-mail: yywei@csnet1.cs.tsinghua.edu.cn

<http://www.cs.tsinghua.edu.cn>

Received 2002-07-08; Accepted 2003-04-09

Wei YY, Lin C, Ren FY, Fu Q. A dynamic handoff scheme in multimedia wireless networks. *Journal of Software*, 2003,14(7):1310~1317.

<http://www.jos.org.cn/1000-9825/14/1310.htm>

Abstract: In this paper, a Guard Channel (GC) scheme based on dynamic thresholds is proposed. It keeps the ratio of new connection blocking probability to handoff connection blocking probability to a predefined value, which guarantees the priority and fairness among connections. At the same time, it optimizes and improves the performance metrics for handoff: new connection blocking probability and handoff connection blocking probability and system utilization. In addition, the algorithm adopts self-adjusting to be adaptive to varying traffic loads and makes the blocking probability smoother. Lastly the results by analysis and simulation prove the feasibility of this scheme.

Key words: guard channel; handoff; wireless network

摘 要: 提出了一种基于动态阈值的保护信道(guard channel,简称 GC)方案.该方案的目标是使新增连接和切换连接的阻塞率保持一定的比例关系,从而保证连接之间的优先级和公平性,同时优化和改善了越区切换的性能指标:切换连接的阻塞率、新增连接的阻塞率以及系统资源的利用率.此外,算法的自调节特性使系统能够适应负载的动态变化,保证了阻塞率的平稳性.最后,分析与模拟的结果证明了该方案的可行性.

关键词: 保护信道;越区切换;无线网络

中图法分类号: TP316 文献标识码: A

现在的无线网络设计大都采用小区的结构,每个小区有一个基站(base station),小区的用户通过基站来完成

* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant Nos.90104002, 60173012 (国家自然科学基金); the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2001AA112080 (国家高技术研究发展计划(863)); the National Grand Fundamental Research 973 Program of China under Grant No.G1999032707 (国家重点基础研究发展规划(973)); the Special Research Foundation of Ph.D. Study in University under Grant No.20020003027 (高等学校博士学科点专项科研基金)

第一作者简介: 魏丫丫(1979—),女,湖北公安人,博士生,主要研究领域为系统性能评价,Web QoS,随机 Petri 网.

通信.为了保证用户通信的连续性,相邻小区相互重叠.当用户跨越不同小区时,若要保持继续通信的质量,用户需要向相邻的小区请求信道,这个过程称为越区切换(handoff).为了有效地利用资源并接纳更多用户的接入,小区正在向微型小区(micro)和微微小区(pico)的方向发展^[1],因而导致越区切换更为频繁.越区切换有两个重要的基于连接级(connect-level)的服务质量参数:切换连接阻塞率和新增连接阻塞率.如何减小连接的阻塞率,同时有效地提高系统资源的利用率,是无线网络服务质量的一个重要问题.由于阻塞切换连接对用户来说较之阻塞新增连接更不可容忍,因此信道分配的方案应该首先考虑切换.在保证切换连接和新增连接阻塞率的同时,如何保证各种连接之间的公平性是评价系统性能的另一重要指标.

非优先级方案(non-priority scheme)是一种简单的方案.该方案不区分新增连接和切换连接,只要有足够的资源,发出请求的连接就可以得到服务.这种方案没有体现切换连接的优先级高于新增连接的优先级,所以一般不被采用.为了保证越区切换时切换连接的阻塞率优先级高,目前已提出很多越区切换的信道分配方案,总结起来分为两类^[2]:

(1) 保护信道方案.保护信道方案是由 Hong 和 Rappaport 提出来的^[3].在每个小区中都预留一部分信道资源给切换连接,因此切换连接可以竞争所有的信道,新增连接只能竞争除预留信道之外的信道资源,以此来保证切换连接的优先级高于新增连接的优先级.该方案实现简单,并且能够保证切换连接的优先级,但负载变化时的适应能力较弱,且没有考虑业务之间的公平性问题^[4].

(2) 排队方案(queueing handoff scheme).在排队方案中,不能立即得到服务的切换连接将进入队列,一旦有资源空闲时,队列中的切换连接将得到服务;但是在有实时业务的多媒体网络中,该方案会导致延迟发生问题^[5].

为了在保证切换连接阻塞率的同时提高系统资源利用率,于是出现了各种动态保护信道方案,这些方案根据实际需要来确定信道的阈值^[6].另外一种方案,如文献[7],是在严格保证切换连接阻塞率的条件下,满足最小新增连接的阻塞率来确定保护信道的值.

采用动态控制即动态预留信道的方案也可以保证切换连接阻塞率,如文献[8]提出的阴影聚类的概念(shadow cluster concept).阴影是指与移动终端(mobile station,简称 MS)到达的小区相邻的区域.在每个基站接纳一个连接时,阴影中的基站需要预留相应的带宽,如果能够预留相应的带宽,则接纳该连接,否则阻塞该连接.但这种预留带宽数与到达该小区的概率相关.为了精确计算这个概率,小区需要知道移动终端大量的动态信息,如位置、速度等.但是这种信息经常很难预测,计算量大,而且资源利用率不高.这种方案理论上可行,但在实际应用时却较困难.

目前提出的切换过程中的信道分配方案都没有最终解决公平性问题.本文提出的动态信道分配方案在保证几种重要的 QoS 性能参数——新增连接的阻塞率、切换连接的阻塞率、资源利用率的同时,解决了各种连接之间的公平性和优先级问题,使系统能在变化负载的情况下自调节,其负反馈机制使系统根据流量变化动态地改变阈值.阈值所确定的保护信道吸收了所有保护信道的优点,保证了切换连接的优先级.使系统的运行情况如下:当负载变化时,如在切换连接速率很大的情况下,阈值减小,减小切换连接阻塞率;在新增连接速率很大的情况下,阈值增大,减小新增连接阻塞率,并保证连接的阻塞率更为平稳;并且保证不同连接之间的优先级和公平性,同时提高系统资源的利用率.由于我们提出的算法采用小区局部的信息进行预测,以动态调整阈值,比起其他算法采用小区之间交换状态信息进行预测,在实现上更为简单,并减少了信息交换带来的不确定性,因此易于实现.本算法在性能优化和实际实现上都很突出.对于这个方案有文献做过类似的研究,如文献[9],通过尽力满足两种连接阻塞率的平衡性来提高系统资源的利用率,但是它的算法只是简单地通过两种连接阻塞率不满足固定比例时来调整阈值,最终不能保证阻塞率成比例,因此无法达到我们提出的方案所具有的优先级和公平性.

本文第 1 节介绍动态信道分配方案模型,并建模给出相应的性能评价指标.第 2 节对动态信道分配方案进行分析并加以证明.第 3 节分析计算的结果并与经典的固定阈值方案和非优先方案进行比较.第 4 节给出结论.

1 动态信道分配的方案

基于保护信道策略,我们提出的动态信道分配方案为每个小区的每类业务的两类连接维持一个阈值,该阈值可以动态变化,当新增连接的阻塞个数超过初定的阈值时,信道阈值增加;当切换连接的阻塞数超过初定的阈

值时,信道阈值减小.系统的这种自调节功能可以平滑负载变化时导致的连接阻塞率的突变,并使新增连接和切换连接的阻塞率成比例,以保证连接之间的优先级和公平性.系统所关心的服务质量指标如新增连接的阻塞率、切换连接的阻塞率、系统资源的利用率等都有明显的改善.比如,当切换连接占主导时,这类业务的阈值会减小,因此阻塞率减小.反之,当新增连接占主导时,阈值会增加,以改善新增连接的阻塞率.这种特性使系统对流量变化的适应能力增强,并有利于网络运行管理.

1.1 信道分配模型

对于支持多媒体业务的系统,假设系统满足如下条件:

(1) 所有小区是同构的,所有小区的输入参数,比如信道数、业务逗留时间的分布是一致的;
 (2) 每个小区每类业务新增连接和切换连接的到达服从泊松分布,第 i 类业务新增连接到达速率分别为 λ_n^i , 为简单运算起见,假定切换连接的到达速率为 λ_h^i ;

(3) $UC(i)$ 表示第 i 类业务所占用的信道总数;

(4) 每个连接在一个小区内占用信道的时间分布为负指数分布,平均值为 $1/u_i$;

(5) 其他参数定义如下:

$CH(i)$:第 i 类业务的信道阈值;

$B_h(i)$:第 i 类业务切换连接阻塞计数器;

$B_n(i)$:第 i 类业务新增连接阻塞计数器;

$T_h(i)$:第 i 类业务的切换连接的阻塞计数器的阈值;

$T_n(i)$:第 i 类业务的新增连接的阻塞计数器的阈值;

W_h :切换连接相对于新增连接的优先级参数.

1.2 信道分配方案

系统为每类业务给定一个阈值,给定阈值后的信道分配方案与保护信道方案一样.

系统工作如下:设每个小区总的信道为 C ,保护信道阈值设为 CH , $CH-C$ 之间的信道只能被切换连接占用. $0\sim CH$ 的信道被两种连接竞争占用.当 $B_n(i)>T_n(i)$, $CH(i)$ 增加一个步长 $t_d(i)$.当 $B_h(i)>T_h(i)$ 时,则 $CH(i)$ 减少一个步长 $t_b(i)$.设切换连接的阻塞率为 P_h^i ,新增连接的阻塞率为 P_n^i ,请求占用的信道数为 k_i .

下面给出实现该方案的伪码,如图 1 所示.

```

{if (hn=handoff connection)
  {if ( $UC(i)+k_i \leq C - |E^i|$ )  accept handoff connection;
    else { $B_h(i)=B_h(i)+1$ ;
          if ( $B_h(i)>T_h(i)$ )
             $CH(i)=CH(i)-t_b(i)$ ;
          }
        Discard connection;
      }
  if (hn=new connection)
    {if ( $UC(i)+k_i \leq CH(i) - |E^i|$ )  accept new connection;
      else { $B_n(i)=B_n(i)+1$ ;
            if ( $(B_n(i)>T_n(i)) \& \& ((CH(i)+t_d(i)) \leq C)$ )
               $CH(i)=CH(i)+t_d(i)$ 
            }
          Discard connection;
        }
    }
}

```

Fig.1 Pseudo code of this algorithm

图 1 算法伪码

其中 $E^i = \sum_{j:1 \leq j \leq N+H} E_j(UC_j)k_j$,是在假定有 N 类新增连接业务、 H 类切换连接业务的情况下,所有其他连接所占信道

的期望数。

由于系统中连接到达服从泊松分布,我们采用随机 Petri 网描述该模型,并求解分析其性能指标.对于只有话音业务的系统,系统的随机 Petri 网模型如图 2 所示。

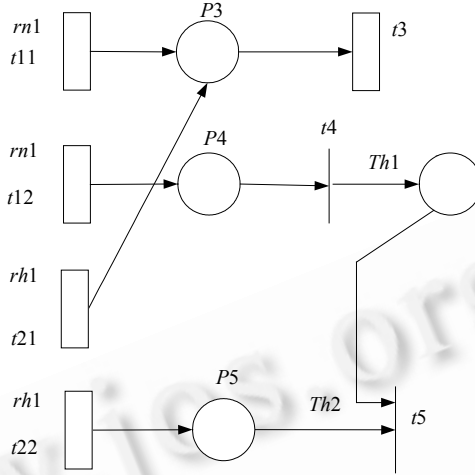


Fig.2 Stochastic Petri nets model of DGC scheme
图 2 DGC 方案的随机 Petri 网模型

在图 2 中,t11 表示新增连接的到达,t12 表示被阻塞的连接,r21 表示切换连接的到达,r22 表示被阻塞的切换连接,速率分别为 $rm1, rn1, rh1, rh1$. 瞬时变迁 $t4, t5$ 表示本文提出的算法所实施的变迁.位置 $P3, P4, P5$ 的标记 (token) 表示连接,P6 表示信道阈值容量.Th1,t12,t21,t22 联系的变迁实施函数分别代表是否有足够的信道容纳到来的连接.P4 和 P5 的容量限制是为了保证 SPNP 运算时不会溢出,结果表明,位置 P4,P5 的加入对算法结果没有明显的影响。

2 阻塞率比例的分析

下面从理论上证明该算法能使两种连接的阻塞率保持一定的比例。

对于一个给定系统,在稳定状态下,系统应该达到平衡状态意味着对于任何一类业务来说,在时间 Δt 内,切换连接导致阈值增大速率为

$$v_h = P_h \lambda_h t_a(i) \Delta t / (B_h(i) \Delta t) = P_h \lambda_h t_b(i) / B_h(i),$$

其中 P_h 为切换连接的阻塞率。

同理,同一类业务的新增连接的保护信道阈值在稳定状态下,新增连接阻塞导致阈值变化速率为

$$v_n = P_n \lambda_n t_a(i) \Delta t / (B_n(i) \Delta t) = P_n \lambda_n t_a(i) / B_n(i),$$

其中 P_n 为新增连接的阻塞率。

当系统达到动态平衡时,有 $v_h = v_n$, 则

$$\begin{aligned} P_h \lambda_h t_b(i) / B_h(i) &= P_n \lambda_n t_a(i) / B_n(i), \\ 1 < P_h / P_n &= \lambda_n t_a(i) B_h(i) / B_n(i) \lambda_h t_b(i) < P_h / 1. \end{aligned} \tag{1}$$

为了保证切换连接的优先级,假定

$$P_h / P_n = W_h. \tag{2}$$

由式(1)和式(2)结合可以解得 $B_h(i)$ 和 $B_n(i)$ 的值.系统可以通过控制 W_h 来保证切换连接的高优先级。

从上面的 Petri 网模型来定义系统的服务质量参数是:系统的阻塞率为 $P_n^i = (\lambda_n^i - TH(E_n^i)) / \lambda_n^i$, 其中 $TH(E_n^i)$ 表示 E_n^i 的吞吐率.吞吐率为

$$TH(t) = \sum_{M \in E} P(M) \lambda_m,$$

其中 E 包括了所有可达的标识状态, $P(M)$ 表示该状态下的稳定状态概率, λ_n^i 表示该标识下的变迁的实施速率,

信道的利用率 $CU=E/C, E=\sum_{j=1}^n E_j(UC_j)k_j^{[10]}$.

3 方案的性能分析

实验采用 SPNP 软件包对该算法进行分析,并将该方案与保护信道方案和非优先方案做了比较.系统有如下假设:

- (1) 每个小区有 28 个信道单元;
- (2) 每个连接需要 1 个信道单元;
- (3) 所有的连接占用同样的带宽数;
- (4) P_h 小于等于 0.001, P_n 小于等于 0.01;
- (5) 权值 $W_h=0.001/0.01$;
- (6) 系统的步长控制参数 $t_a(i)=t_b(i)=1$.

系统考虑的服务质量参数为 P_h^i 和 P_n^i ,信道的利用率 $CU=E/C, E=\sum_{j=1}^n E_j(UC_j)k_j$, 由假设得到:

$$W_h=1/10, \tag{3}$$

$$P_h/P_n=W_h, \tag{4}$$

$$P_n < 1. \tag{5}$$

由式(3)~式(5)得到 $P_h=1/10 \cdot P_n < 0.1$.

DGC 可以保证切换连接的阻塞率小于 0.1.图 3 和图 4 是与其他方案比较的结果,其中参数 $C=28, \lambda_h=0.33, u_n=0.5, u_h=0.5, \lambda_n=8.0$.

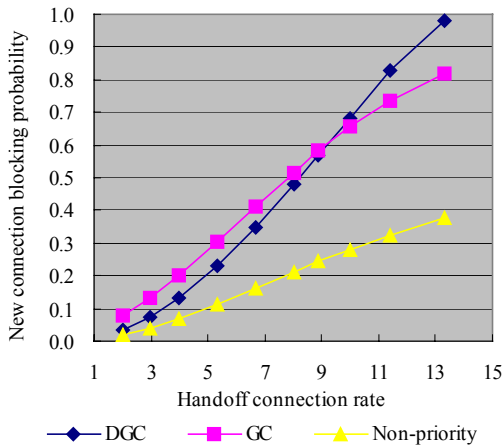


Fig.3 New blocking probability against handoff rate

图 3 切换连接速率变化时新增连接的阻塞率

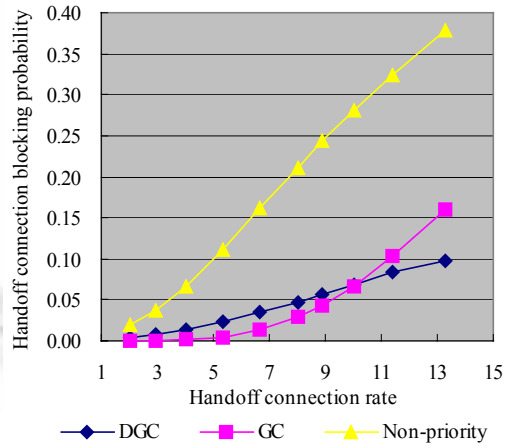


Fig.4 Handoff blocking probability against handoff rate

图 4 切换连接速率变化时切换连接的阻塞率

保护信道策略在低负载情况下新增连接阻塞率高,在重载情况下切换连接阻塞率高^[11].因此无法适应流量变化的负载.在新增连接速率大时,DGC 方案的新增连接阻塞率比 GC 方案时要低,但在切换连接速率高时,新增连接的阻塞率增加,以减少切换连接的阻塞率,并保证两种连接的阻塞率成比例.非优先方案不能保证切换连接的阻塞率,所以比 DGC 和 GC 方案都差.两种连接阻塞率的比值见表 1(新增连接 $\lambda_n=8.0$).

Table 1 Ratio of connection blocking probabilities

表 1 连接阻塞率比值

Rate Ratio	2.0	3.0	4.0	5.3	6.7	8.0	8.9	10.0	11.4
	9.97	9.99	10.00	9.99	10.01	10.00	10.00	10.00	9.92

由图 3、图 4 和表 1 的数据可以看出,该方案基于历史信息预测动态改变信道的阈值,使系统能够适应动态的流量变化.在新增连接占主导的情况下,增大阈值,减小新增连接的阻塞率.在切换连接占主导的情况下,减小切换连接的阻塞率,减小阈值.保证连接的阻塞率成比例体现了连接之间的优先级和公平性.并且其他预测算法需要传递大量的状态信息的实现,该算法与它们相比更为简单,且对各种性能指标有明显的改善.因此,该方案从理论上和实际上都是可行的,并且性能突出.

该方案是基于历史信息预测,并且假设系统中连接的到达服从泊松分布,系统的指标得到了相应的改善.在另外一种假设,即系统中连接的到达服从自相似分布^[12]的情况下,系统的各种性能指标更好.因为自相似网络流中用相邻的前一时间段流量值作为下一个时刻网络流量的预测比传统短相关网络流(比如泊松分布)中的预测更为准确,因此各种性能指标更好.

上面讨论了该方案在传统话音业务系统中的应用.下面讨论 DGC 方案在多媒体网络中的应用.多媒体业务意味着每类业务请求的带宽有很大的差异^[4],并且 QoS 参数不一样,导致优先级也有所不同.在多媒体业务的网络,分析表明,该方案仍能满足每类业务两类连接之间的优先级和公平性,并保证其他的 QoS 特性.假定两种业务高带宽(wide-band)连接占用 3 个信道单元和低带宽(narrow-band)连接占用 1 个信道单元.两类业务参数为 $\lambda_n^1=0.10, \lambda_n^2=0.10, \lambda_h^2=0.50, W_n^1=5, W_n^2=10$,分析结果如图 5~8 所示.

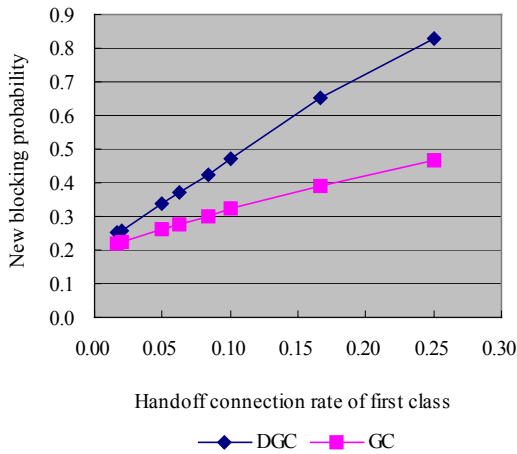


Fig.5 New blocking probability of the first class
图 5 第一类业务新增连接阻塞率

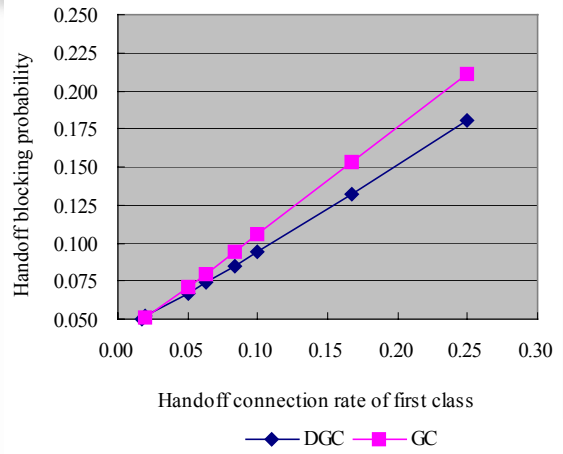


Fig.6 Handoff blocking probability of the first class
图 6 第一类业务切换连接阻塞率

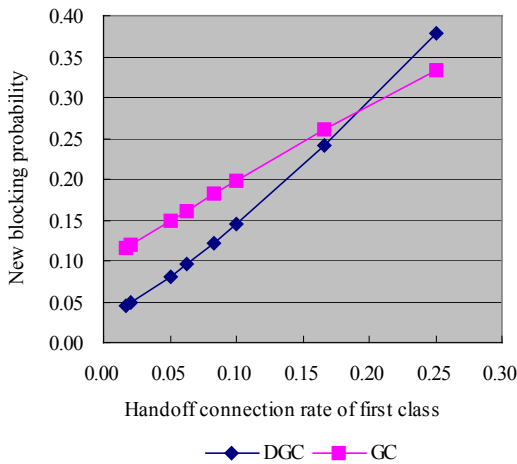


Fig.7 New blocking probability of the second class
图 7 第二类业务新增连接阻塞率

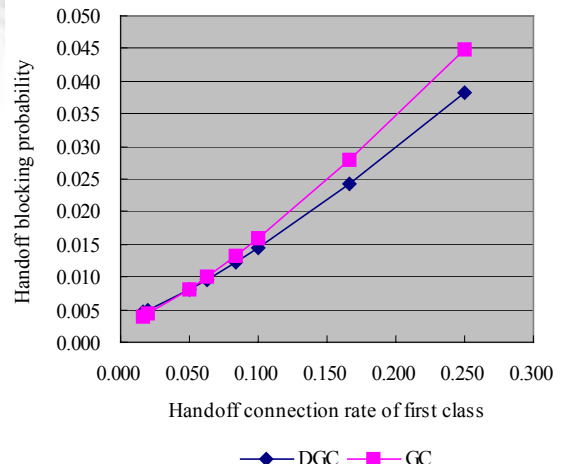


Fig.8 Handoff blocking probability of the second class
图 8 第二类业务切换连接阻塞率

由图 5~图 8 的数据可以看出,该方案在牺牲第一类业务新增连接阻塞率的前提下,减小第一类业务切换连接的阻塞率和第二类业务切换连接的阻塞率,并且保证每类业务的新增连接和切换连接阻塞率成比例.第一类业务中两种连接阻塞率的比值见表 2($W_h=5$).

Table 2 Ratio of two connections blocking probabilities of the first class
表 2 第一类业务中两种连接阻塞率比值

Rate	0.017	0.05	0.063	0.083	0.10	0.17	0.25
Ratio	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.95	4.60

第二类业务两种连接阻塞率的比值见表 3($W_h=10$).

Table 3 Ratio of two connections blocking probabilities of the second class
表 3 第二类业务两种连接阻塞率比值

Rate	0.017	0.05	0.063	0.083	0.10	0.17	0.25
Ratio	10.00	10.00	10.000	9.99	9.99	9.97	9.89

在无线多媒体网络中,该算法能够保证每类业务切换连接和新增连接之间的公平性和优先级.对于业务与业务之间的公平性与优先级,该算法也能保证.如所有业务之间都存在公平性和优先级,将它们按优先级排列,则多个业务之间的优先级与公平性问题则转换为相邻优先级业务之间的公平性问题,即两类连接的阻塞率成比例问题,相邻业务维持一个阈值,阈值的变化与两类连接的动态信道分配方案相一致.

因此,对于多媒体业务来说,该算法仍然能够保证业务之间的公平性和优先级,并能适应变化的负载流量.系统通过自调节来改变信道阈值,保证系统的 QoS 特性,并能有效地利用带宽资源.

4 结 论

本文基于保护信道方案提出了一种动态信道分配方案,通过动态改变信道的阈值来保证两种阻塞率成比例,保证了各类连接间的优先级和公平性问题.在切换连接速率大,占主导的情况下,系统自调节减小切换连接的阻塞率.在新增连接速率大占主导的情况下,增大阈值,减少新增连接的阻塞率.并且由于该算法采用负反馈机制,系统对连接的阻塞率更为平稳,同时可以有效地利用资源,降低连接的阻塞率.该方案的性能优于非优先级方案和固定阈值方案,小区之间不必交换信息,因此易于实现.

References:

- [1] Sarnecki J, Vinodrai C, Javed A, O'Kelly P, Dick K. Microcell design principles. IEEE Communication Magazine, 1993,31(4): 76~82.
- [2] Wei Z, Bensaou B, Kee CC. Adaptive quality of service handoff priority scheme for mobile multimedia networks. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2000,49(2):494~505.
- [3] Hong D, Rapport SS. Traffic model and performance analysis for cellular mobile radiotelephone systems with prioritized and nonprioritized handoff procedures. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1986,35(3):77~92.
- [4] Huan C, Kumar S, Kuo C-CJ. Dynamic call admission control scheme for QoS priority handoff in multimedia cellular systems. In: Proceedings of the Wireless Communications and Networking Conference, Vol 1. IEEE, 2002. 114~118.
- [5] Gaasvik PQ, Cornefjord M, Svensson V. Different methods of giving priority to handoff traffic in a mobile telephone system with directed retry. In: Proceedings of the 41st IEEE Vehicular Technology Conference Gateway to the Future Technology in Motion. 1991. 549~553.
- [6] Ramanathan P, Sivalingam KM, Agrawal P, Kishore S. Dynamic resource allocation schemes during handoff for mobile multimedia wireless networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1999,17(7):170~1283.
- [7] El-Alfy ES, Yao YD, Heffes H. Adaptive resource allocation with prioritized handoff in cellular mobile networks under QoS Provisioning. In: Proceedings of the Vehicular Technology Conference, 2001. Atlanticy, 2001. 2113~2117.
- [8] Levine DA, Akyildiz IF, Naghshineh M. A resource estimation and call admission algorithm for wireless multimedia networks using the shadow cluster concept. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1997,5(1):1~12.
- [9] Jin WC, Dan KS. Adaptive channel reservation scheme for soft handoff in DS-CDMA cellular systems. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2001,50(2):341~353.

- [10] Li B, Lin C, Chanson ST. Analysis of a hybrid cutoff priority scheme for multiple classed of traffic in multimedia wireless networks. ACM Journal of Wireless Networks, 1998,4(4):279~290.
- [11] Zhang Y, Liu D. An adaptive algorithm for call admission control in wireless networks. In: Proceedings of the Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2001), Vol 6. San Antonio: IEEE Press, 2001. 3628~3632.
- [12] Harpantidou Z, Paterakis M. Random multiple access of broadcast channels with pareto distributed packet interarrival times. IEEE Personal Communications Magazine, 1997,5(2):48~55.



全国第 13 届网络与数据通信学术会议 (NDCS13)

征文通知

本届会议旨在推动开放系统及其互联技术、开放式网络技术和数据通信技术的发展。会议由中国计算机学会开放系统专委会和网络与数据通信专委会联合主办、大连理工大学电子与信息工程学院承办、大连市计算机学会协办,定于 2003 年 10 月在大连市同 2003 年全国开放式分布与并行计算学术会议联合举行。有关信息如下:

一、征文范围

开放系统及其互联技术,新一代网络体系结构与协议,网络智能化,网络管理,网络信息系统模型,网络计算与应用,网络环境下的信息安全,无线通信网络,电子商务系统以及光纤通信等技术。

二、征文要求

- (1) 论文应是未正式发表的,或者未正式等待刊发的研究成果;
- (2) 论文格式仿照《计算机研究与发展》刊物的格式,应包含题目、摘要、关键词、正文和参考文献;
- (3) 论文中、英文均可,一般不超过 5000 字,一律用 Word2000 格式排版,提供 A4 激光打印稿一式两份,并随寄软盘;
- (4) 邮寄论文时,须在信封左下角或 Email 主题中注明“NDCS13”;
- (5) 经程序委员会审查合格的论文,将收入论文集,在自然科学核心刊物集中发表或者推荐到适当刊物发表;
- (6) 论文一律寄给大连地区联系人。论文自留底稿,恕不退稿。

三、重要日期与联系方式

- (1) 论文须在 2003 年 6 月 30 日之前寄达,录用通知将在 2003 年 7 月 15 日发出。
- (2) 联系方式:
 - 大连地区联系人:郭禾、单慧英
地址:大连理工大学计算机系系统结构教研室 邮编:116023 电话:0411-4708497
E-mail: dpcs2003@dlut.edu.cn
 - 北京地区联系人:陈炳从(中国计算机学会开放系统专委会主任)
通信地址:北京 619 信箱 63 号 邮编:100083 联系电话:010-62311951
 - 石云(网络与数据通信专委会秘书长)
通信地址:北京宣武门西大街 131 号国家邮政局信息技术局 邮编:100808 联系电话:010-66419786
- (3) 会议主页: <http://hefeng.dlut.edu.cn/DPCS2003>