

Simulação e Análise de Controles de Admissão de Chamadas para Redes Móveis UMTS de Terceira Geração 3G

Anna Izabel J. Tostes, Fátima de L. P. Duarte Figueiredo

¹Instituto de Informática – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMG)
Belo Horizonte – MG – Brazil

`anna.tostes@sga.pucminas.br, fatimafig@pucminas.br`

Abstract. *CAC-RD is an UMTS 3G network Call Admission Control (CAC) based on channels reservation and network diagnosis. Its commitment is to avoid, as much as possible, new calls and handover blockings, ensuring QoS to active calls. The development and the simulation of CAC-RD were conducted in two stages: (1) CAC-RD Version 1; (2) CAC-RD Version 2. Results show that CAC-RD Version 2 is better than other CACs in relation to better performance and higher network availability with QoS guarantee.*

Resumo. *O CAC-RD é um Controle de Admissão de Chamadas (CAC) para redes 3G UMTS baseado em reserva de canais e diagnóstico da rede. Seu compromisso é evitar, ao máximo, bloqueios de novas chamadas e handover, garantindo QoS às chamadas ativas. O desenvolvimento e a simulação do CAC-RD passaram por duas fases: (1) CAC-RD Versão 1; (2) CAC-RD Versão 2. Os resultados mostraram que o CAC-RD Versão 2 é melhor que os outros CACs em relação a melhor desempenho e alta disponibilidade da rede com garantia de QoS.*

1. Introdução

O interesse pelo acesso ubíquo tem crescido significativamente. As aplicações suportadas por redes 3G requerem maior largura de banda e garantia de Qualidade de Serviço (QoS). Um dos mecanismos utilizados para oferecer esta garantia é o estabelecimento de um Controle de Admissão de Chamadas (CAC). A relevância de se ter um CAC bem projetado implica em um serviço de telefonia celular altamente eficiente, sem queda de conexões ou indisponibilidade de serviços [Tostes 2008].

Este artigo descreve a simulação e análise de três CACs para uma rede 3G UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) em uma cidade hipotética (ambiente urbano) [Antoniou 2004]: (1) Controle de Admissão de Chamadas intrínseco ao módulo E-UMTS (*Enhanced UMTS*) (sigla: CAC-J) [Antoniou 2004, SEACORN 2004], utilizado como referência neste trabalho; (2) Controle de Admissão de Chamadas baseado em Reserva e Diagnóstico (CAC-RD) Versão 1 (V.1), primeira implementação proposta em [Storck 2007, Storck et al. 2008a]; (3) CAC-RD Versão 2 (V.2), segunda implementação do CAC-RD V.1 [Tostes 2008]. A aluna de Iniciação Científica (IC) participou do desenvolvimento de todas as versões. O CAC-RD V.1 foi desenvolvido simultaneamente pelo aluno de mestrado Carlos Storck e pela aluna de IC Anna Izabel Tostes. Em seu trabalho de conclusão de curso, Anna Izabel aprimorou a primeira versão e desenvolveu o CAC-RD V.2 sozinha. A aluna de IC partici-

pou como co-autora de [Storck et al. 2008a, Storck et al. 2008b] e como primeira autora de [Tostes et al. 2009, Tostes and Duarte-Figueiredo 2008, Tostes 2008]. O CAC-RD foi implementado no módulo E-UMTS, módulo este disponível para o simulador NS-2 [Project 2008] e que possuía apenas o CAC-J como controle. É apresentado o comportamento desses três controles com uma comparação dos seus desempenhos quanto a parâmetros de QoS e a quantidade de bloqueios na rede. O bloqueio na rede pode significar quando um serviço requisitado pelo Equipamento do Usuário (UE: *User Equipment*) é interrompido ou não concluído.

O CAC-RD V.2 é proposto como possível solução para a melhoria de QoS na rede UMTS com o principal objetivo de diminuir os bloqueios de novas chamadas e aplicações de voz, não priorizadas pelo CAC-RD V.1. Para atingir seus objetivos, implementam-se no CAC-RD os seguintes módulos: (1) controle de canais para aplicações de voz (classe *conversational* – CONV), (2) reserva dinâmica de canais para CONV e *Handover* Suave (SHO: *Soft Handover*), (3) prioridade de *uplink* para CONV, (4) prioridade adicional para SHO no bloqueio por *thresholds* estáticos de utilização. Os módulos do CAC-RD V.1 foram implementados em trabalhos anteriores [Storck et al. 2008a]. As duas versões do CAC-RD são evoluções do CAC-J. Para diminuir os bloqueios de CONV e SHO, o CAC-RD baseia-se em reserva dinâmica de recursos e privilégios no controle de potência.

Este artigo está organizado em cinco seções. A seção 2 explica a arquitetura da rede 3G UMTS e as normas de QoS para estas redes. A seção 3 descreve o CAC-RD. A seção 4 analisa as simulações realizadas. A seção 5 conclui este trabalho.

2. Redes UMTS e Normas de Qualidade de Serviço

A arquitetura da rede UMTS pode ser dividida em duas partes: (1) *Core Network* ou Núcleo IP (CN) e (2) *UMTS Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN) [3GPP 2006]. O CN é responsável por prover o acesso à Internet e a UTRAN corresponde à interface aérea da rede, baseada em W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) [3GPP 2006]. Cada BS (*Base Station*) possui uma área de cobertura (célula). As aplicações são requisitadas para a BS da sua própria célula. O RNS (*Radio Network Subsystems*) gerencia os recursos das suas respectivas BSs e o RNC (*Radio Network Controller*) é responsável por questões de *handover* [Duarte-Figueiredo 2004] (quando um UE se afasta da área de cobertura da BS que o está atendendo e passa a ser respondido pela BS da sua nova área).

Antes de relatar quais são as normas de Qualidade de Serviço (QoS) para as redes UMTS, é importante compreender a definição desse conceito. QoS se relaciona ao grau de satisfação dos usuários de uma rede [Tostes and Duarte-Figueiredo 2008]. A garantia de QoS a um serviço é equivalente à garantia de um desempenho requisitado pelo cliente. A QoS para redes UMTS é especificada pelo 3GPP em [3GPP 2006]. Nas redes móveis, o provisionamento de QoS leva em conta a mobilidade do usuário, o tipo de aplicação requisitada, os canais que não são confiáveis e os que estão sujeitos a ruídos e interferência o tempo todo. Ainda, aspectos da potência entre o usuário e a BS que o está atendendo são levados em consideração.

O padrão de QoS especificado para as redes UMTS é separado em camadas [3GPP 2006]. Uma das principais funções de gerência de QoS é o controle de admissão e capacidade. Ele mantém e distribui de forma controlada os recursos disponíveis de uma rede. A gerência de QoS depende de parâmetros de qualidade. Certas decisões

são tomadas por estes parâmetros (*delay*, *jitter*, *throughput*, perda de pacotes) que são geralmente negociados entre a aplicação e as camadas inferiores [Storck 2007]. Em redes UMTS, a especificação técnica [3GPP 2001] define os valores máximos aceitáveis de cada parâmetro para as aplicações. Para o cenário urbano, esta relação é de 20–300 ms de *delay* e, no mínimo, 384 kbps de *throughput*. Já o *jitter* não pode ultrapassar 1 ms.

Como a gerência de qualidade depende do tipo do serviço requisitado, foram definidas quatro classes de aplicações pelo 3GPP [3GPP 2006]. São elas: (1) *Conversational* (CONV): os serviços RT (*Real Time*) que requerem *delay*, *jitter* e perda de dados (serviços de voz); (2) *Streaming*: os serviços que não possuem tolerância a *delay* e a *jitter* (aplicações multimídia); (3) *Interactive*: aplicações caracterizadas por requisição cliente/servidor com o tráfego por rajadas (acesso à Internet); (4) *Background*: serviços NRT (*Not Real Time*) e não sensíveis ao *delay* (transferência de arquivos e e-mail).

Quanto aos trabalhos relacionados, algumas pesquisas apresentam soluções de QoS através de técnicas de *thresholds*, como a arquitetura DiffMobil [Duarte-Figueiredo 2004]. Outras apresentam ambientes de simulação de redes UMTS com aplicações de QoS em controle de canais e potência [Antoniu 2004]. Existem ainda aqueles que realizam abordagens matemáticas para propor soluções de qualidade [Lindemann et al. 2003]. De forma geral, todas coexistem com a mesma ideologia: propor mecanismos sempre se preocupando com a qualidade dos serviços oferecidos.

3. CAC-RD

CAC-RD é um controle de admissão baseado em reserva e diagnóstico. Ele é proposto como solução para diminuir os bloqueios de novas chamadas (NSHO) e de aplicações *conversational* (CONV). Seu comprometimento é garantir QoS para as chamadas ativas mantendo o desempenho da rede. Seu desenvolvimento envolveu duas fases: CAC-RD V.1 [Storck et al. 2008b, Storck 2007, Tostes and Duarte-Figueiredo 2008], proposto para reduzir bloqueios de novas chamadas e SHO; (2) CAC-RD V.2 [Tostes 2008], melhoria para reduzir bloqueios de chamadas CONV, de novas chamadas e SHO. Ele foi implementado no módulo E-UMTS que, inicialmente, possuía apenas o CAC-J como controle.

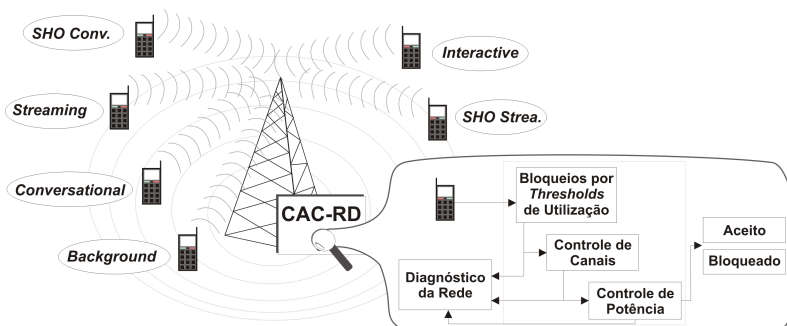


Figura 1. Componentes do CAC-RD V.1 e V.2.

A Figura 1 apresenta várias solicitações sendo demandadas na rede, desde serviços CONV até *streaming* em SHO (*SHO Stream.*). Quando uma dessas solicitações é realizada, ela passa por três etapas. Primeiro, é analisado se a utilização da BS e a prioridade da aplicação solicitada permitem que a requisição seja aceita. Caso contrário, ela é bloqueada. A segunda etapa é a atribuição de um canal para a aplicação. Se não

tiverem canais disponíveis, a requisição precisa ser rejeitada. A última etapa consiste em analisar se o sinal de potência entre usuário e BS é suficiente para aceitar a ligação. Caso contrário, a chamada é bloqueada. Ao longo deste processo, um diagnóstico da rede é mantido atualizado sobre todas as decisões do controle de admissão e a situação da rede no momento. Ele mantém um histórico do comportamento da rede.

Assim, os CAC-RD V.1 e V.2 possuem como componentes: (1) Diagnóstico da rede: coleta informações referentes a usuários aceitos e bloqueados (NSHO e SHO), utilização da rede e largura de banda para auxiliar módulos na tomada de decisão; (2) Bloqueios por *thresholds* de utilização; (3) Controle de canais, dividido em reserva e distribuição de canais; (4) Controle de potência, que no CAC-RD V.1 prioriza serviços SHO e na versão 2 prioriza também a classe CONV devido ao seu alto nível de bloqueio.

O diagnóstico da rede é o módulo mais importante do CAC-RD. Um diagnóstico desatualizado pode implicar em bloqueios desnecessários de solicitações de serviços. É a realimentação dos módulos do CAC-RD (mostrada pela Figura 1) que demonstra a manutenção desta atualização. Este módulo *não* toma decisões de aceitação, mas permite que os outros módulos tenham informações para escolher a decisão de acordo com seu comportamento interno. São algumas informações contabilizadas pelo diagnóstico: largura de banda da rede, usuários ativos na rede, usuários aceitos e bloqueados (incluindo SHO e NSHO), usuários SHO e NSHO aceitos e bloqueados por classe, largura de banda utilizada por cada classe, utilização total da rede e por BS.

O CAC-RD assegura a QoS através de bloqueios de requisições por *thresholds* (limites) de utilização da BS ($U_{(BS)}$). O módulo de bloqueios por *thresholds* de utilização rejeita chamadas dependendo do tipo da aplicação requisitada e do percentual de $U_{(BS)}$ no momento. Para isso, os *thresholds* devem ser definidos de acordo com níveis de serviço previamente acordados (SLA: *Service Level Agreements*), determinados pelas operadoras de celulares [Storck et al. 2008b]. Neste trabalho, os *thresholds* serão genericamente **a**, **b**, **c** e **d**. Se $U_{(BS)}$ estiver entre **a**% e **b**%, bloqueiam-se serviços *background*. Entre **b**% e **c**%, bloqueiam-se serviços *background* e *interactive*. Entre **c**% e **d**%, bloqueiam-se serviços *background*, *interactive* e *streaming*. Se $U_{(BS)}$ for maior ou igual a **d**, todas as requisições são bloqueadas. A diferença entre CAC-RD V.1 e V.2 é que, no CAC-RD V.1, processos SHO eram redistribuídos quanto a sua prioridade em classes e, no CAC-RD V.2, os serviços SHO têm a mesma prioridade que as aplicações CONV.

No controle de canais, o módulo de reserva de canais calcula dinamicamente o percentual reservado para serviços SHO (b_h) e CONV (b_c) a cada 3 s de simulação [Storck et al. 2008b]. O CAC-RD V.1 apresenta apenas a reserva para SHO, enquanto o CAC-RD V.2 inclui a reserva para CONV. A reserva de recursos (b_x^{new}) é calculada pela Equação 1, uma média de HFP e CBP atualizando a reserva. Em b_h , HFP representa a probabilidade de falha de SHO e CBP representa a quantidade de bloqueio de solicitações das outras classes. Já em b_c , HFP é a quantidade de bloqueios de requisições da classe CONV e CBP os das outras aplicações (incluindo SHO). Um SHO CONV é considerado como SHO e não como CONV. Para calcular a reserva para SHO, o intervalo de b_h é entre 0,01 [Duarte-Figueiredo 2004] e 0,35. Quanto a reserva para aplicações de voz, b_c tem como intervalo de 0,02 [Duarte-Figueiredo 2004] a 0,35. A divisão dos 70% [Lindemann et al. 2003] para b_h e b_c por ser feita devido a consideração de ambas as solicitações igualmente prioritárias.

$$b_x^{new} = \frac{f_1(HFP) + f_2(CBP)}{2} \cdot b_x^{old} \quad (1)$$

Ainda, no controle de canais, a distribuição de canais atribui um código único para cada chamada e o espalha sobre as frequências disponíveis. Cada usuário recebe códigos de espalhamento espectral através da técnica OVSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*), quando ganha acesso a canais em uma BS. Quando um SHO é requisitado, realiza-se a distribuição de códigos normalmente. Se ela falhar, é feita a distribuição pelos códigos reservados para SHO. E caso, mesmo assim, a distribuição falhe e a aplicação SHO requisitada não for CONV, então a chamada é bloqueada. Se a solicitação for SHO CONV, a distribuição é feita para SHO e, se não houver canais reservados para SHO, ela é realizada pelos reservados para CONV.

Por fim, o controle de potência tenta manter a potência da transmissão em um nível mínimo, assegurando simultaneamente sinal de qualidade adequada e nível ao receptor final [Antoniou 2004]. Neste módulo, é feito um controle para se saber se há sinal de *uplink* e *downlink* para os serviços. Durante esta verificação, o CAC-J e o CAC-RD V.1 priorizam SHO já que este processo deve ser suave. O CAC-RD V.2 prioriza também aplicações CONV porque elas têm maior probabilidade de serem requisitadas [Tostes 2008].

4. Simulações

Neste trabalho, as simulações foram realizadas no módulo E-UMTS [Antoniou 2004, SEACORN 2004], desenvolvido sobre o NS-2 (*Network Simulator 2*) [Project 2008]. Segue a descrição do cenário e os resultados obtidos. Os parâmetros selecionados foram os mesmos utilizados por Josephine Antoniou em [Antoniou 2004], na qual foi realizado um estudo das variáveis de redes reais em ambientes de escritório, centro de negócios e urbano. Foi feito um mapeamento dessas variáveis para os parâmetros de simulação do E-UMTS, validando a sua veracidade. O cenário urbano de [Antoniou 2004] foi utilizado para simular o CAC-RD V.1, V.2 e o CAC-J comparados por gráficos.

4.1. Cenário de Simulação

O módulo E-UMTS possui três cenários de simulação implementados: (1) ambiente de escritório; (2) centro de negócios na cidade; (3) e ambiente urbano. O ambiente selecionado para as simulações foi o cenário urbano [Storck et al. 2008a]. Neste cenário, o modelo de propagação de rádio é o Hata (COST 231) [SEACORN 2004]. A probabilidade de o usuário ser ativo é definida em *Busy Hour Call Attempts* (BHCA) [SEACORN 2004]. O ambiente de operação é o *Outdoor* e o modelo de mobilidade é o *Gauss-Markov* com velocidade de 50 km/h (13,89 m/s) ou aleatória. A topologia possui antenas tri-setoriais (120° por setor, o que permite uma abrangência de até três vezes a capacidade de uma antena “omni” [Antoniou 2004]). Os *thresholds* (a, b, c, d) foram definidos como (40%, 50%, 65%, 75%) [Storck et al. 2008a]. As porcentagens das classes de serviço foram: *Conversational* (12 kbps) em 42%; *Streaming* (768 kbps) em 16%; *Interactive* (384 kbps) em 18,50%; *Background* (144 kbps) em 23,50%. Maiores explicações em [Tostes 2008].

4.2. Resultados

Para mensurar o desempenho dos controles, foram simulados quatro casos com a variação dos usuários na rede durante 600 s (segundos) de simulação: (1) 800 usuários; (2) 900

usuários; (3) 1000 usuários; (4) e 1100 usuários. As simulações realizadas através do E-UMTS foram executadas com o CAC-RD nas duas versões e com o CAC-J. A máquina utilizada foi Intel Pentium 4, CPU de 3.20 GHz com 2 processadores nesta configuração e 3 GB de memória. O sistema operacional foi Suse 10.1 e a versão de ns 2.1b9a.

Conforme dito, este trabalho objetiva diminuir o número de bloqueios de processos SHO e de aplicações da classe CONV na rede UMTS, mantendo um compromisso entre disponibilidade e QoS. Assim, duas análises foram realizadas: (1) avaliação da garantia de QoS; (2) avaliação da disponibilidade na rede.

4.2.1. Parâmetros de Qualidade de Serviço

Para avaliar os parâmetros de QoS, foi escolhido o cenário com 900 usuários e gráficos de *delay*, *jitter* e *throughput* são apresentados pelas respectivas Figuras 2(a), 2(b) e 2(c). A linha em azul mostra o desempenho do CAC-RD Versão 2 (V.2), em amarelo o CAC-RD Versão 1 (V.1), e em vermelho o CAC-J (padrão adotado daqui em diante).

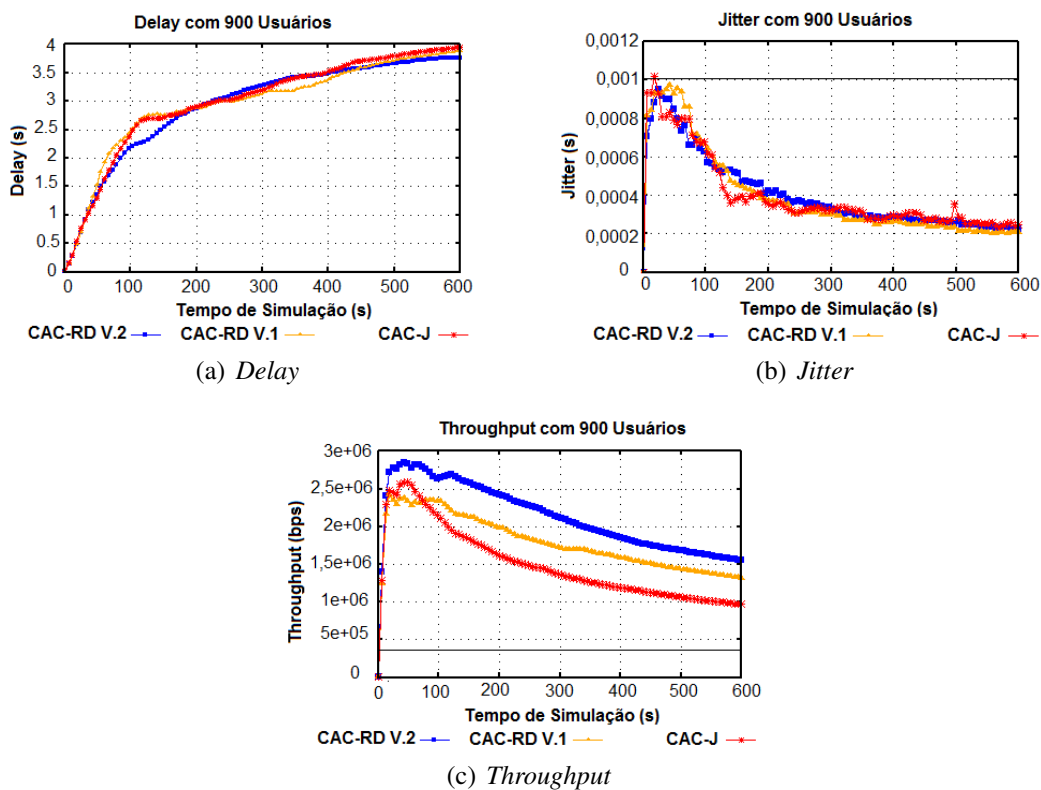


Figura 2. Parâmetros de QoS com 900 usuários

Na Figura 2(a), as curvas dos três controles são parecidas quanto ao *delay*, mas o CAC-RD V.2 foi 9,24% melhor que o CAC-RD V.1, apesar da queda entre 120 s e 490 s de simulação. Isto pode ser justificado pela ordem das requisições. Quanto ao *jitter*, o CAC-RD V.2 atingiu um ganho de 9,93% em relação ao CAC-J. Em relação ao CAC-RD V.1, o CAC-RD V.2 teve um desempenho similar. Com um ganho de 37,56%, o novo CAC-RD atinge seu pico máximo de *throughput* foi maior que o obtido pela rede com o

CAC-RD V.1 e CAC-J. Mas o maior ganho demonstrado é que o CAC-RD V.2 obedece aos padrões de *jitter* e *throughput* estabelecidos pelo 3GPP (linha preta).

4.2.2. Desempenho da Rede em Porcentagem de Bloqueios

Em relação ao desempenho do CAC-RD V.2 são mostradas as Figuras 3(a) e 3(b) medindo os bloqueios para aplicações de voz NSHO e SHO respectivamente. No gráfico 3(a), o CAC-RD V.2 reduziu em 56,01% os bloqueios do CAC-J e em 49,56% os bloqueios do CAC-RD V.1, em média. O maior ganho do CAC-RD V.2 foi com 900 usuários (redução de 63,08%). Na Figura 3(b), o CAC-RD V.2 bloqueou menos 79,81% SHO CONV que o CAC-J e 58,51% menos que o CAC-RD V.1. As Figuras 3(c) e 3(d) apresentam o desempenho dos CACs quanto ao total de bloqueios para NSHO e SHO, respectivamente, incluindo todas as classes. Segundo o gráfico 3(c), o CAC-RD V.2 reduziu os bloqueios em média em 76,46% (CAC-J) e 66,65% (CAC-RD V.1). Na Figura 3(d), o CAC-RD V.2 é 99,59% melhor que o CAC-J, em média.

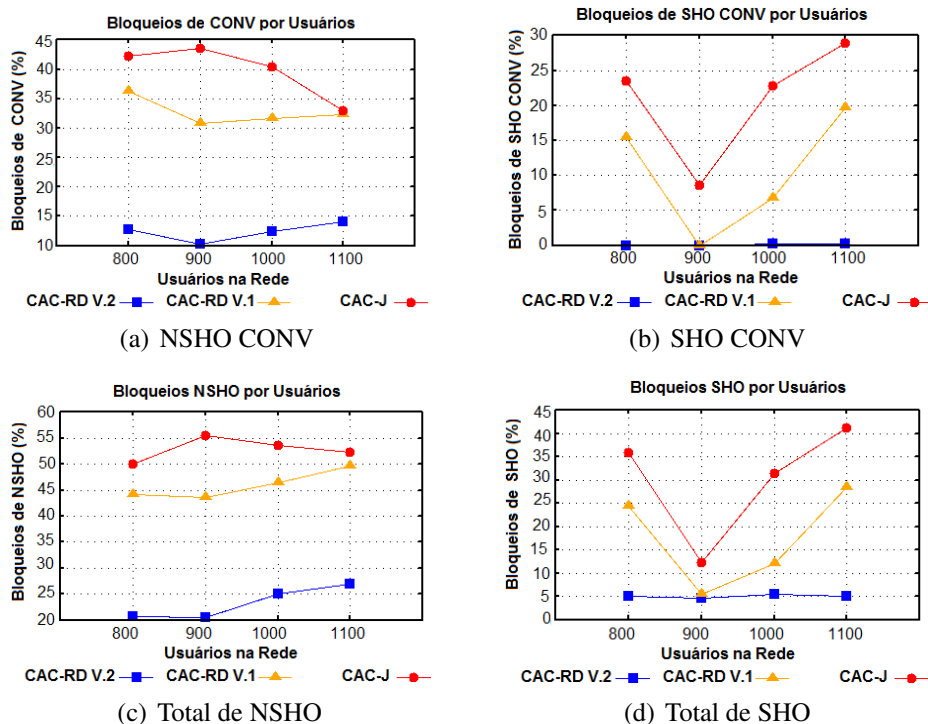


Figura 3. Bloqueio de usuários

5. Conclusões

O desempenho do CAC-RD Versão 2 (V.2) foi comparado com o CAC-RD Versão 1 (V.1) e CAC-J. Os resultados mostraram que o CAC-RD V.2 obteve ganhos significativos quanto ao *jitter*, *throughput*, bloqueios de aplicações de voz NSHO e SHO e ao considerar todas as classes. O CAC-RD V.2 atingiu quase todos os seus objetivos, exceto o relativo ao máximo de 300 ms em *delay*. Entretanto, percebe-se que os módulos de reserva para aplicações de voz e a prioridade no nível de potência para a classe *conversational* adicionados pelo CAC-RD V.2 foram responsáveis pelo seu melhor desempenho. O diferencial

do CAC-RD é a garantia de maior disponibilidade, menores bloqueios de SHO e de aplicações de voz com níveis satisfatórios de desempenho de QoS.

Como trabalhos futuros, pode-se especificar a melhoria do CAC-RD visando a diminuição do *delay* para que atenda as especificações do 3GPP. Uma possível solução seria o treinamento de uma rede neural artificial com o comportamento do CAC-RD e sua implantação no código do módulo E-UMTS. Ainda, o CAC-RD pode ser aplicado em outras redes, com adaptações. Outra possibilidade é simular este controle em uma rede com mais usuários e mais antenas para analisar seu comportamento. Por fim, outro trabalho futuro é a modificação dos *thresholds* estáticos do módulo de bloqueio por *thresholds* para uma atualização dinâmica. Esta alteração pode ter um impacto interessante no desempenho do CAC-RD e prover uma adaptação dinâmica para uma rede real.

Referências

- 3GPP (2001). TS 25.211: Services and service capabilities (release 1999).
- 3GPP (2006). TS 23.107: Quality of service (QoS) concept and architecture (release 6).
- Antoniou, J. (2004). A system level simulator for enhanced UMTS coverage and capacity planning. Master's thesis, University of Cyprus, Department of Computer Science.
- Duarte-Figueiredo, F. L. P. (2004). *Diffmobil - uma arquitetura de qualidade fim-a-fim em redes GPRS*. PhD thesis, UFMG, Departamento de Ciência da Computação, Brasil.
- Lindemann, C., Lohmann, M., and Thummler, A. (2003). A unified approach for improving qos and provider revenue in 3g mobile networks. volume 8, pages 209–221, Hingham, MA, USA. Kluwer Academic Publishers.
- Project, T. V. (2008). NS-2: The network simulator. Acessado em 25.02.2008.
- SEACORN (2004). Enhanced UMTS system level simulator. Acessado em 25.02.2008.
- Storck, C. R. (2007). CAC-RD: Controle de admissão de chamadas para redes UMTS. Master's thesis, PUCMG, Programa de Pós-Graduação em Informática, Brasil.
- Storck, C. R., Tostes, A. I. J., and Duarte-Figueiredo, F. L. P. (2008a). CAC-RD: A call admission control for UMTS networks. In *17th International Workshop on Performance Modeling and Evaluation in Computer and Telecommunication Networks (PMECT-2008 in conjunction with IEEE ICCCN2008)*. St. Thomas U.S. Virgin Islands. PMECT
- Storck, C. R., Tostes, A. I. J., and Duarte-Figueiredo, F. L. P. (2008b). CAC-RD: Controle de admissão de chamadas para redes UMTS. In *26º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC 2008)*. Rio de Janeiro. SBRC2008.
- Tostes, A. I. J. (2008). Simulação e análise de controles de admissão de chamadas para redes móveis UMTS de terceira geração 3G. Technical report, PUCMG. Trabalho de Conclusão de Curso.
- Tostes, A. I. J. and Duarte-Figueiredo, F. L. P. (2008). Simulação e análise de redes móveis de terceira geração 3G. In *Destaques da Iniciação Científica 2007*, Belo Horizonte. PUCMG.
- Tostes, A. I. J., Storck, C. R., Duarte-Figueiredo, F. L. P (2009). CAC-RD: An UMTS Call Admission Control. *Journal of Telecommunication Systems* (accepted).