

CAC-RD: Controle de Admissão de Chamadas Para Redes UMTS

Carlos R. Storck^{*}, Anna Izabel J. T. Ribeiro, Fátima de L. P. Duarte-Figueiredo

Instituto de Informática - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

Belo Horizonte – MG – Brasil

{storck, annatostes}@gmail.com, fatimafig@pucminas.br

Abstract. *This work proposes CAC-RD: a call admission control for UMTS (Universal Mobile Terrestrial System) networks. It is based on two QoS (Quality of Service) mechanisms: channel reservation and network diagnosis. It reserves dynamically some channels to handovers. When the network reaches certain thresholds of use, CAC-RD decides when to accept or not a new call. The priority class is the conversational one. Simulation results show that CAC-RD can guarantee network availability, with an average reduction of 40% and 11% in blockings of handovers and new classes, respectively. Thus, results indicate that CAC-RD guarantees access and QoS, keeping levels of commitment between performance and availability.*

Resumo. *Este trabalho propõe CAC-RD: um controle de admissão de chamadas para redes UMTS (Universal Mobile Terrestrial System). Ele é baseado em dois mecanismos de QoS (Qualidade de Serviço): reserva de canais e diagnóstico da rede. Ele reserva dinamicamente alguns canais para handovers. Quando a rede atinge determinados limites de utilização, o CAC-RD decide quando aceitar ou não uma nova chamada. A classe prioritária é a conversacional. Os resultados das simulações mostram que o CAC-RD pode garantir disponibilidade da rede, com uma redução média de 40% e 11% nos bloqueios de handovers e novas classes, respectivamente. Assim, os resultados indicam que o CAC-RD garante acesso e QoS, mantendo níveis de compromisso entre desempenho e disponibilidade.*

1. Introdução

O interesse pelo acesso ubíquo impulsiona a evolução das redes móveis. A economia e o mercado crescem à medida que as tecnologias de redes tornam-se mais acessíveis, intuitivas, com um maior número de aplicações práticas e qualidade de serviço (QoS) satisfatória. Cada etapa do processo evolutivo das tecnologias apresenta capacidades mais altas de transmissão de voz, multimídia e dados.

As redes de terceira geração, 3G, aumentam o desempenho, a capacidade e as taxas de transmissão das redes móveis. Apesar da especificação das redes 3G UMTS (Universal Mobile Terrestrial System) já ter sido feita pelo grupo 3GPP (3rd Generation Partnership Project) [3GPP 2004], técnicas de garantia de QoS nelas ainda estão em aberto. Torna-se necessária a especificação de mecanismos eficientes para controle de congestionamento e controle de admissão de chamadas (CAC), para que

determinadas aplicações críticas sejam priorizadas em relação às outras. Este trabalho apresenta um modelo de controle de admissão de chamadas, denominado CAC-RD, baseado em técnicas de reserva e diagnóstico. O objetivo do CAC-RD é diminuir o número de bloqueios de *handovers* e de novas chamadas das aplicações prioritárias, mantendo níveis aceitáveis de desempenho da rede. O modelo proposto é constituído por quatro módulos: diagnóstico de rede, reserva de canais, distribuição de canais e bloqueio de classes de acordo com a prioridade.

O CAC-RD foi simulado sobre uma rede E-UMTS [Antoniou 2004], no NS-2 [NS-2 2007]. Os resultados das simulações mostram que as técnicas de reserva de canais e de diagnóstico do CAC-RD, associadas ao controle de potência de sinal intrínsecos à implementação da rede, reduzem efetivamente os bloqueios de *handovers* e de novas chamadas, garantindo, ao mesmo tempo, níveis satisfatórios de desempenho. À medida que o número de usuários na rede aumenta, verifica-se qual o comportamento do bloqueio de *handovers* e de novas chamadas ao utilizar-se o CAC-RD.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta conceitos de UMTS; a seção 3 mostra soluções de QoS para redes UMTS; a seção 4 apresenta o trabalho proposto, explicando cada módulo do CAC-RD; a seção 5 descreve simulações e resultados. As conclusões e os trabalhos futuros estão na seção 6.

2. Padrão UMTS

A Figura 1 ilustra a arquitetura de uma rede UMTS. Esta arquitetura consiste basicamente na integração de três domínios [3GPP 2004]: CN (*Core Network*), UTRAN e UE [Honkasalo et al. 2002].

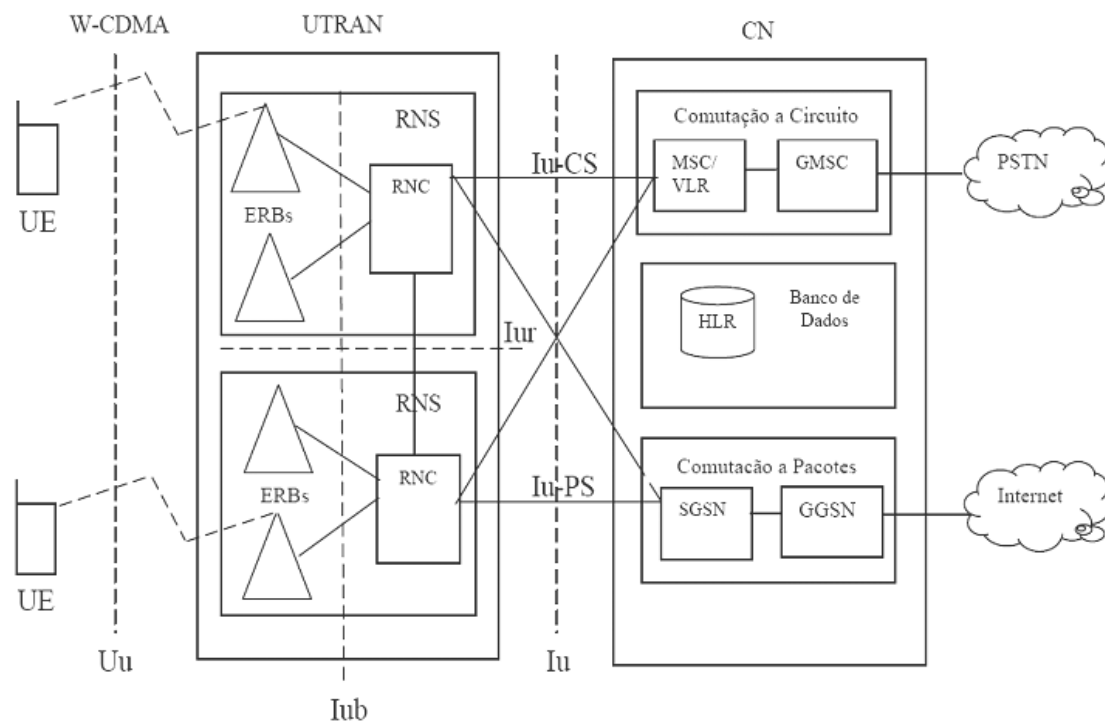


Figura 1. Arquitetura UMTS (adaptado de [3GPP 2004]).

3. Soluções de QoS Para Redes UMTS

O controle de admissão de chamadas (CAC) é um mecanismo responsável pela inicialização de uma conexão sobre a rede sem fio, alocação e liberação de canais de tráfego e suporte a *handover*. O mecanismo de diagnóstico da rede é o responsável pelo controle de congestionamento na rede, policiando o desempenho da rede. A principal função é reduzir a entrada de novos fluxos de pacotes durante o congestionamento. Geralmente, o controlador de fluxo [Vogel 1995] provê marcações em pacotes e utiliza o mecanismo de escalonamento. São definidas quatro classes de tráfego para representar tipos de aplicações para redes 3G: *conversational*, *streaming*, *interactive* e *background*, sendo o principal parâmetro de diferenciação a sensibilidade ao atraso [3GPP 2006a].

Em [Chahed 2004] foi desenvolvido um algoritmo CAC que avalia a mobilidade dos usuários dentro da célula com foco no *downlink* de sistemas celulares de terceira geração. Na arquitetura DiffMobil [Duarte-Figueiredo 2004], o controle de admissão é baseado em guarda de canais, sendo estipulado em 1% para novas chamadas da classe *conversational* e em 2% para *handovers* que possui prioridade sobre novas chamadas da classe *conversational*. Além disso, é implementado um módulo de diagnóstico para policiamento de tráfego, que evita congestionamento causado por classes menos prioritárias na arquitetura. Diferentemente de [Chahed 2004], a arquitetura DiffMobil garante o desempenho das aplicações sobre a rede GPRS. Manner [Manner 2003] estabelece uma arquitetura de rede de celular baseada em IP, que fornece QoS para pacotes de fluxo. Sua arquitetura é baseada principalmente em protocolos abertos definidos pelo IETF (*Internet Engineering Task Force*) [IETF 2007]. Jukka Manner utiliza uma combinação da arquitetura IntServ (*Integrated Services*) [Braden 1994] e DiffServ em sua tese de doutorado [Manner 2003]. Para também prover qualidade de serviço, Lindemann propõe uma estratégia diferenciada: reserva dinâmica de canais para *handovers* [Lindemann et al. 2003]. O simulador E-UMTS [Antoniou et al. 2004] possui um controle de admissão de chamadas. Seu objetivo é descobrir a melhor cobertura com um número mínimo aceitável de bloqueios. O CAC proposto em [Antoniou 2004] realiza controle de potência do sinal e sua respectiva interferência na célula, sem reserva de canais.

4. CAC-RD

O mecanismo de controle de admissão de chamadas proposto neste trabalho garante QoS para todas as classes, priorizando a classe *conversational* e processos de *handover*, com suporte à mobilidade dos usuários na rede UMTS. Por ser baseado principalmente em um diagnóstico da rede e nos mecanismos de reserva de recursos para *handovers*, ele se chama CAC-RD. O principal objetivo do CAC-RD é reduzir o número de chamadas bloqueadas das classes prioritárias, garantindo níveis de desempenho satisfatórios.

4.1. Algoritmo

O algoritmo do CAC-RD é baseado nas etapas descritas acima e nos procedimentos, modificados, propostos por [Duarte-Figueiredo 2004], [Lindemann et al. 2003] e [Antoniou 2004]. O controle proposto incorporou bloqueios por limites de utilização propostos pela arquitetura DiffMobil [Duarte-Figueiredo 2004]. O controle de potência

de [Antoniou 2004] foi mantido. A reserva de recursos do CAC-RD é baseada no modelo matemático de Lindemann e no seu diagnóstico da rede. As probabilidades de chegadas de *handovers* são dadas por [Lindemann et al. 2003]. CAC-RD busca por um compromisso entre disponibilidade e desempenho. A Figura 2 mostra a seqüência das atividades tomadas por cada ator da rede.

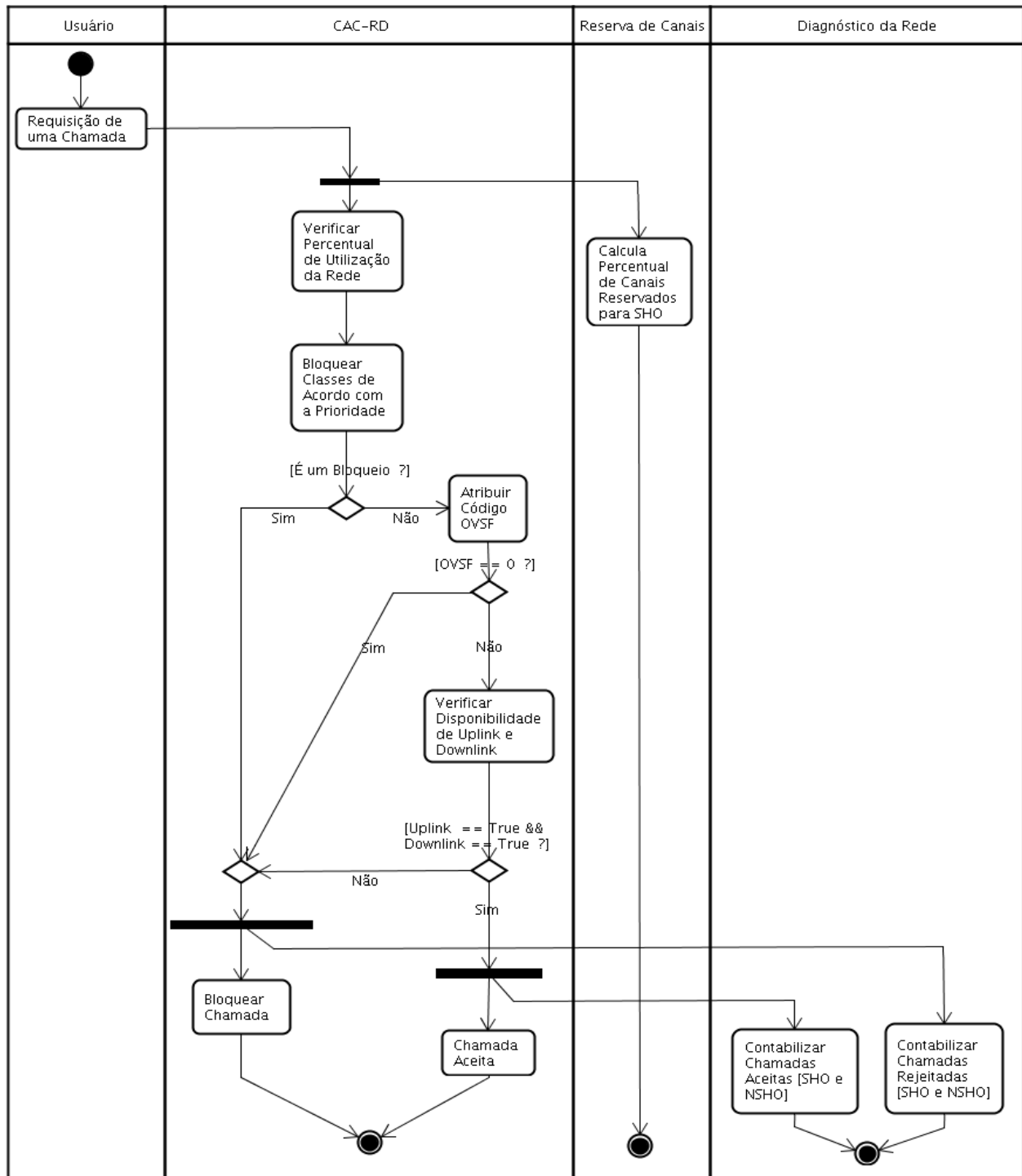


Figura 2. Diagrama de Atividades do CAC-RD.

4.2. Módulos

A implementação do CAC-RD pode ser dividida em quatro módulos. Como foi previamente dito na seção 4.1 (algoritmo), o CAC-RD possui algumas funcionalidades principais que foram especificadas como módulos para uma melhor compreensão da metodologia do controle de admissão proposto. São eles: reserva de canais (realizada dinamicamente), diagnóstico da rede, bloqueio de classes de acordo com a prioridade (limites de utilização da rede) e a distribuição de canais.

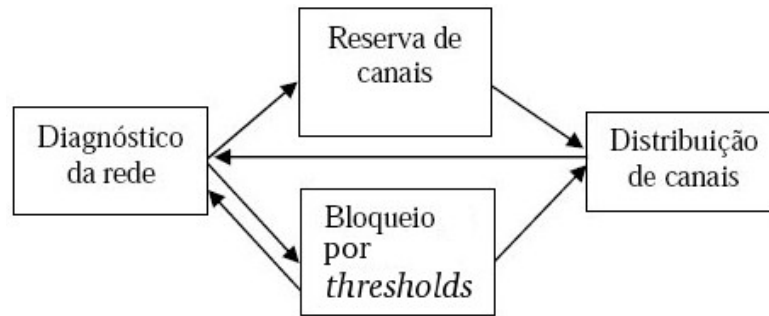


Figura 3. Módulos do CAC-RD.

Estes quatro módulos são ilustrados pela Figura 3. O primeiro é o diagnóstico, que monitora, constantemente, os níveis de utilização da rede (total e por antena), além do percentual de usuários aceitos e bloqueados na rede. O segundo módulo bloqueia chamadas em ordem decrescente de prioridade. À medida que o nível de utilização da rede aumenta, mais chamadas são bloqueadas de acordo com sua classe. Estes bloqueios se baseiam em faixas de limites de utilização para iniciar as rejeições por classes [Duarte-Figueiredo 2004]. O terceiro módulo faz reserva dinâmica de canais para processos de *handovers* [Lindemann et al. 2003]. O quarto módulo faz uma distribuição de canais para todas as chamadas. A distribuição encontrada no trabalho de [Antoniou et al. 2004] foi mantida para novas chamadas e adaptado para processos de *handovers*, atribuindo-se códigos SF de acordo com a aplicação e verificação da potência do sinal dos enlaces de *uplink* e *downlink*.

O módulo de diagnóstico da rede repassa parâmetros de utilização da rede para os módulos de reserva de canais e bloqueio por classes para tomadas de decisão e recebe atualizações dos módulos de bloqueio de classes e distribuição de canais. O módulo de distribuição de canais é acionado após passagem da chamada pelo módulo de bloqueio de classes e recebe parâmetros da reserva de canais quando um *handover* é solicitado na BS. Nas próximas subseções esses quatro módulos são explicados.

4.2.1. Diagnóstico

- O módulo de diagnóstico da rede contabiliza as seguintes informações: largura de banda da rede, tabela com dados do diagnóstico por chamadas aceitas, número total de usuários ativos na rede, percentual e número de usuários aceitos e bloqueados (incluindo SHO (*Soft Handover*) e NSHO (*Not Soft Handover*)), percentual e número de usuários SHO e NSHO aceitos e bloqueados por classe (*conversational*, *streaming*, *interactive* e *background*), percentual de largura de banda utilizada por cada classe, percentual de utilização total da rede e por BS, número de usuários SHO, probabilidade de um usuário fazer *soft handover* e

probabilidade de um usuário SHO ser aceito ou bloqueado. É com esses dados que os módulos de bloqueio por limites de utilização irá trabalhar.

4.2.2. Bloqueios por Limites de Utilização

O módulo de bloqueio de classes rejeita chamadas dependendo da sua classe e do percentual de utilização da BS naquele momento. Para isso, os limites de utilização devem ser definidos de acordo com níveis de serviço previamente acordados. Dessa forma, considerando que estes limites sejam a, b, c e d, e que a utilização da BS seja $U_{(BS)}$, descreve-se o funcionamento deste módulo por cinco considerações:

- Se $U_{(BS)} = a\%$, todas as novas chamadas são admitidas;
- Se $a\% = U_{(BS)} = b\%$, o CAC-RD bloqueia chamadas da classe *background*;
- Se $b\% = U_{(BS)} = c\%$, as chamadas das classes *background* e *interactive* são bloqueadas;
- Se $c\% = U_{(BS)} = d\%$, o CAC-RD bloqueia chamadas das classes *background*, *interactive* e *streaming*;
- Se $U_{(BS)} = d\%$, qualquer nova chamada é bloqueada.

4.2.3. Reserva de Canais

O CAC-RD calcula, dinamicamente, o percentual de canais que devem ser reservados para usuários de SHO. O cálculo, baseado em [Lindemann et al. 2003], propõe reserva entre 3% [Duarte-Figueiredo 2004] e 70% [Lindemann et al. 2003] dos canais para SHO.

O cálculo do percentual de canais reservados é dado por (2). Este cálculo é uma média das probabilidades de falhas de *handovers* e dos bloqueios de novas chamadas, multiplicado pelo valor antigo deste percentual. HFP é o percentual de bloqueios de *handover* e a sigla CBP corresponde ao percentual de bloqueios de novas chamadas. Similarmente à equação (1), esta função só difere por ter um limite inferior diferente (3%) para b_h .

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

$$0,001 = b_h^{(new)} = 0,7 \quad 0,03 = b_h^{(new)} = 0,7$$

As funções $f_1(HFP)$ e $f_2(CBP)$ inferem o impacto de bloqueios em um novo valor de reserva. A função f_1 dada por (3) é a probabilidade de falha de *handover*. A função f_2 é a probabilidade de bloqueio de novas chamadas, dada por (4).

$$f_1(HFP) = m_1 * \log (HFP / \beta_1) + 1 \quad (3)$$

$$f_2(CBP) = m_2 * \log (CBP / \beta_2) + 1 \quad (4)$$

f_1 e f_2 são a multiplicação do gradiente m pelo logaritmo do percentual de bloqueios na rede pela variável β , que representa o nível desejado da medida de QoS. Em f_1 , m_1 é igual a -0,02 e β_1 é igual a 0,01. Em f_2 , m_2 é igual a 0,08 e β_2 é igual a 0,1.

O valor b_h corresponde exatamente ao percentual de códigos SF que serão disponibilizados apenas para processos de *handover*. Assim, este valor é enviado para o

módulo de distribuição de canais. Ao ter conhecimento deste valor, o módulo de distribuição sabe quantos canais são reservados e devem ser distribuídos apenas para SHO.

4.2.4. Distribuição de Canais

A tecnologia de interface de rádio W-CDMA possui o espaço espectral compartilhado (múltiplo acesso à divisão do código), onde cada chamada recebe um código único para a chamada e o espalha sobre as frequências disponíveis [SEACORN 2004]. Cada usuário recebe códigos de espalhamento espectral através da técnica OVVSF (Variável Ortogonal de Fator Espectral), quando ganha acesso a canais em uma BS. Este SF é atribuído de acordo com a taxa requisitada pela aplicação, como especificado pelo 3GPP [3GPP 2006a]. Antes que cada sinal seja transmitido, o espectro é espalhado através do uso dos códigos do usuário. No CAC-RD, quando chega um usuário NSHO, a distribuição feita é por disponibilidade de códigos SF [Antoniou et al. 2004]. Entretanto, quando um processo de *handover* é requisitado, tenta-se, primeiramente, realizar a distribuição normalmente. Se essa distribuição falhar, é feita a distribuição pelos códigos reservados para usuários SHO. Apenas se mesmo assim a distribuição falhar é que a chamada SHO será bloqueada.

5. Simulação e Resultados Obtidos

O simulador E-UMTS [Antoniou et al. 2004] foi utilizado nas simulações de avaliação do CAC-RD. Novos algoritmos foram implementados e incorporados ao mesmo, no NS-2 [NS-2 2007]. Nos testes do modelo de tráfego do CAC-RD foram utilizadas as classes de QoS *conversational*, *streaming*, *interactive* e *background* definidas pelo grupo 3GPP [3GPP 2006b]. A máquina utilizada para simulações foi Intel Pentium 4, CPU de 3.20 GHz com 2 processadores nesta configuração e 3GB de memória. O sistema operacional utilizado foi Suse 10.1 e a versão de ns é 2.1b9a, mesma versão utilizada por Antoniou. Devido à esta limitação computacional, a topologia utilizada possui apenas três células, sendo que cada célula possui antenas tri-setoriais. Isto permite um melhor sinal de alcance no ambiente urbano [Antoniou, 2004]. Desse modo, tem-se nove setores em três células. A distância entre BSs é de 800 m. O ambiente de simulação escolhido foi um cenário urbano, uma vez que cada vez mais cidades incluem o sistema 3G como rede móvel. Este cenário utilizado foi proposto por [Antoniou 2004] com apoio do projeto SEACORN [SEACORN 2004]. Todos os dados deste cenário foram mantidos como o proposto inicialmente.

5.1. Cenário de Simulação

Conforme dito anteriormente, o ambiente de simulação escolhido foi o cenário urbano. O controle de admissão proposto por Antoniou foi alterado pelo CAC-RD [Antoniou 2004]. A estimativa do sinal de interferência para cada célula específica realizado pelo CAC de Antoniou foi mantida. Assim, é determinado o SIR (*Signal-to-Interference Ratio*), usado para bloquear chamadas se o sinal de interferência estiver bem alto [3GPP 2002]. A Tabela 1 apresenta a principal definição dos parâmetros do cenário urbano de acordo com os estudos deste projeto. O módulo *Hata* é usado no trabalho como um modelo de propagação de rádio. A probabilidade de um usuário ficar ativo basea-se no registro de tentativas de chamadas telefônicas do projeto SEACORN. O ambiente de operação utilizado foi o *Outdoor* devido ao cenário urbano. O modelo

Gauss-Markov foi adotado como modelo de mobilidade por causa do tamanho da célula (ambiente macro-celular), gerando movimento dinâmico dos nodos na rede. A velocidade de mobilidade dos usuários no modelo Gauss-Markov é de 50 km/h, equivalente a 13,89 m/s, ou aleatória. A divisão de tráfego não foi alterada no CAC-RD. O tráfego é dividido em 42% de aplicações da classe *conversational*, 16% de *streaming*, 18,5% de *interactive* e 23,5% de aplicações da classe *background*.

Tabela 1. Parâmetros Utilizados para o Cenário Urbano com o CAC-RD.

Parâmetros	
Modelo de propagação de rádio	<i>Hata</i> - COST 231 [SEACORN 2004]
Propabilidade do usuário para ser ativo	<i>Busy Hour Call Attempts</i> (BHCA) [SEACORN 2004]
Ambiente de operação	<i>Outdoor</i>
Modelo de mobilidade	<i>Gauss-Markov</i>
Velocidade da mobilidade	50 km/h (13,89 m/s) ou aleatória
Topologia	03 células - 09 setores - Antenas tri-setoriais (120° graus - 1 setor)
<i>Conversational</i> – 12 kbps	42%
<i>Streaming</i> – 768 kbps	16%
<i>Interactive</i> – 384 kbps	18,5%
<i>Background</i> – 144 kbps	23,5%

Voz, multimídia, serviços de banda estreita e de banda larga foram às aplicações usadas originalmente pelo projeto SEACORN [Antoniou 2004]. Estas aplicações foram mapeadas para as quatro classes definidas pelo 3GPP [3GPP 2006b]. Assim, os serviços de voz do E-UMTS foram mapeados para a classe *conversational*, os serviços de multimídia para *streaming*, os serviços de banda estreita para *interactive* e serviço de banda larga para *background*, seguindo essa ordem de prioridade. Os três primeiros serviços são considerados serviços de tempo real (RT) e apenas o último como serviço de não tempo real (NRT). As taxas são de 12 kbps, 768 kbps, 384 kbps e 144 kbps, respectivamente.

A fim de se garantir desempenho satisfatório, ao mesmo tempo em que se maximiza o número de chamadas prioritárias aceitas, a rede deve ter critérios de bloqueios de chamadas, em caso de congestionamentos. Foram definidos os limites de utilização do CAC-RD. Os valores adotados para bloquear chamadas por limites de utilização nos testes de simulação [Storck 2007], são: 40%, 50%, 65% e 75%. Até 40% de utilização, o CAC aceita todas as chamadas. Entre 40% e 50%, o CAC bloqueia as classes menos prioritárias de *background*. Entre 50% e 65%, as chamadas das classes

background e *interactive* são bloqueadas. As chamadas das classes *background*, *interactive* e *streaming* são bloqueadas entre 65% e 75% de utilização. A partir de 75%, todas as novas chamadas são bloqueadas, tentando preservar acordos dos níveis de serviço para as chamadas em andamento. As simulações foram repetidas 33 vezes no cenário urbano com tempo de funcionamento da rede de 600 segundos. Cada simulação demorou, em média, cerca de 19 hs. Para os resultados escolhidos, foi realizada uma média aritmética dos dados coletados. Ou seja, a simulação do cenário urbano com 800 usuários foi repetida 33 vezes e o resultado deste teste foi a média dos resultados obtidos.

5.2. Resultados Obtidos

O CAC proposto por Antoniou [Antoniou 2004] será chamado, de agora em diante, de CAC-J. O CAC-J faz parte do simulador E-UMTS e controla sinal de potência e atribuições de canais para aplicações RT (*real time*) e NRT (*not real time*). A fim de se avaliar a eficácia do CAC-RD, as simulações foram executadas no E-UMTS com o CAC-J e com CAC-RD, sob mesmas condições de carga e tráfego inicialmente propostas por [Antoniou 2004]. Para o cenário urbano simulado, dois tipos de simulação foram realizados através de: (I) simulações para avaliação dos níveis de desempenho da rede e (II) simulações para avaliação da taxa de bloqueios na rede. No primeiro tipo de simulação, o desempenho das medidas de QoS que foram avaliadas foram atraso médio, variação de atraso médio (*jitter*) e vazão. No segundo tipo de simulação, foi avaliado o número de bloqueios para as classes e para processos de *handovers*.

5.2.1. Desempenho da Rede

O CAC-J pode ser considerado um mecanismo padrão das operadoras de telefonia celular, que faz admissão apenas por controle de potência. Os próximos resultados mostram o desempenho da rede, avaliado pelos parâmetros de QoS.

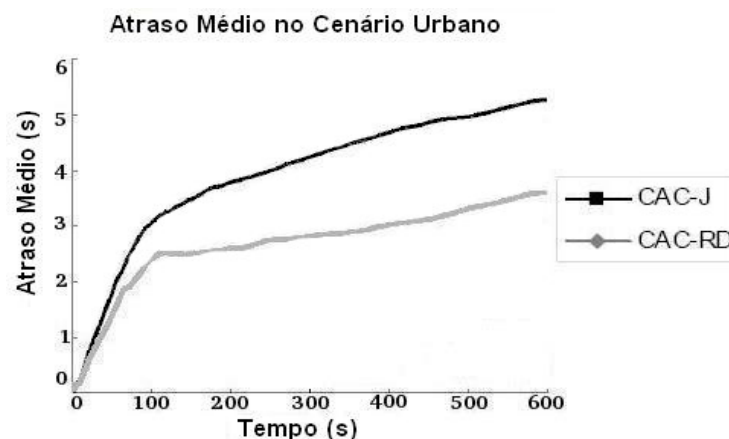


Figura 4. Atraso médio no cenário urbano com 1100 usuários.

Quando o número de usuários cresce e há maior disputa por recursos, o bloqueio por limites de utilização da rede se torna um importante diferencial. Como o gráfico da Figura 4 apresenta, o maior atraso do CAC-J é de cerca de 5,1 segundos, enquanto o maior atraso do CAC-RD, é de 3,7 segundos. O CAC-RD reduziu o atraso médio em

27%, por garantir níveis máximos de utilização da rede. A diferença entre o CAC-RD e o CAC-J é mais bem percebida após 100 segundos, tempo de aquecimento da simulação.

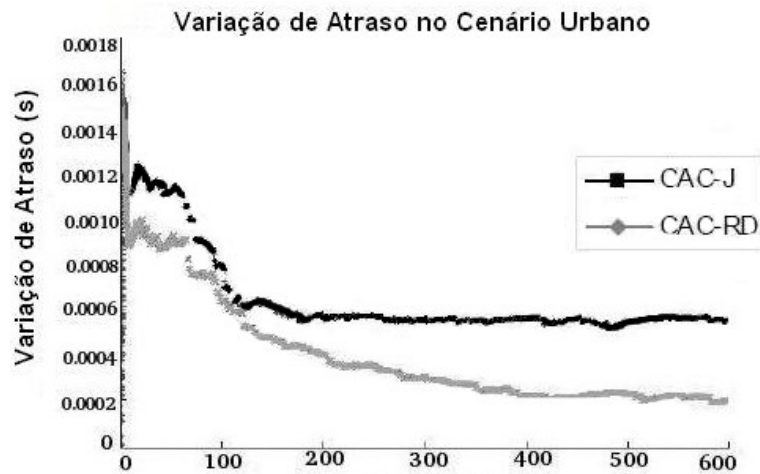


Figura 5. Variação de atraso no cenário urbano com 1100 usuários.

O gráfico da Figura 5 mostra a variação de atraso. De acordo com esta definição de *jitter* ("*jitter* é a medida de variação do atraso [Kurose, 2000]"), o ideal é que essa variação de atraso seja zero. O CAC-RD diminui essa variação de atraso ao longo do tempo. Pode-se perceber que o CAC-RD melhora a variação de atraso média em relação aos níveis atingidos pelo CAC-J. Isso acontece quando o número de usuários cresce na rede, devido à maior disputa de recursos e ao uso de bloqueios por limites de utilização no controle de admissão.

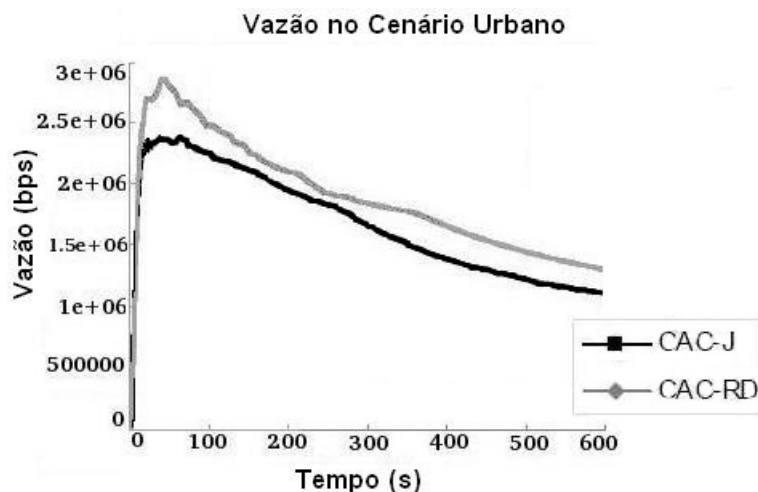


Figura 6. Vazão no cenário urbano com 1100 usuários.

Pode-se observar, pelo gráfico da Figura 7 uma diferença do CAC-RD para o CAC-J de praticamente de 200 kbps. A maior vazão do CAC-RD é de 2900 kbps, enquanto a do CAC-J é de 2450 kbps. O CAC-RD apresenta uma melhora média de 12%.

5.2.2. Bloqueio de Chamadas da Classe *Conversational*

O CAC-RD teve um menor número de bloqueios em comparação ao CAC-J como mostra a Figura 7. Com 900 e 1000 usuários na rede, a diferença é considerável. O CAC-RD teve um ganho de 14%, 29% e 16% para 800, 900 e 1000 usuários da rede respectivamente. Com 1100 usuários, o bloqueio caiu 2%. Este aumento do número de bloqueios com 1100 usuários pode ser explicado pelo aumento do número de usuários da rede e pelo esgotamento dos recursos disponíveis nas BSs. Em média, o uso do CAC-RD reduziu em 15% o bloqueio de chamadas da classe *conversational*.

Bloqueio de Chamadas da Classe *Conversational* no Cenário Urbano

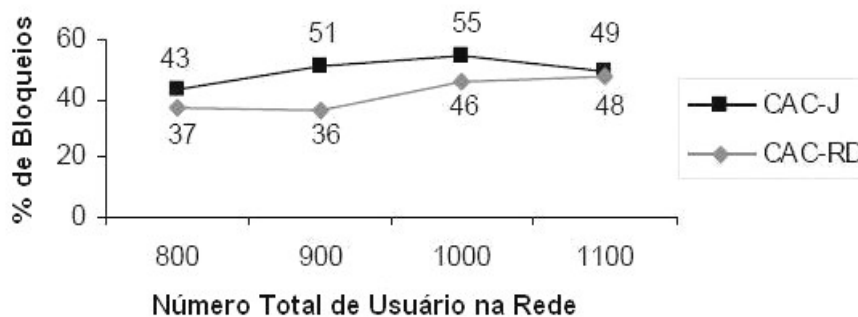


Figura 7. Bloqueio de chamadas da classe *conversational* no cenário urbano.

Como o CAC-RD prioriza aplicações da classe *conversational* e processos de *handovers*, obteve-se uma queda na aceitação de aplicações *streaming*. Uma possível solução seria modificar os limites de utilização adotados no CAC-RD, para suportar uma maior aceitação dessa aplicação, dependendo das políticas de QoS.

5.2.3. Bloqueio de *Handovers*

Com 800, 900, 1000 e 1100 usuários na rede durante 600 segundos de simulação, pode-se perceber que o comportamento da rede ao utilizar o CAC-RD foi superior ao uso do CAC-J. A probabilidade de bloqueio de *handovers* versus o número de usuários na rede é mostrado pelo gráfico da Figura 8. O número de bloqueio de *handovers* teve uma variação considerável entre as simulações por causa do modelo de mobilidade e da variação do número de movimentos dos usuários entre as simulações.

Bloqueio de *Handovers* no Cenário Urbano

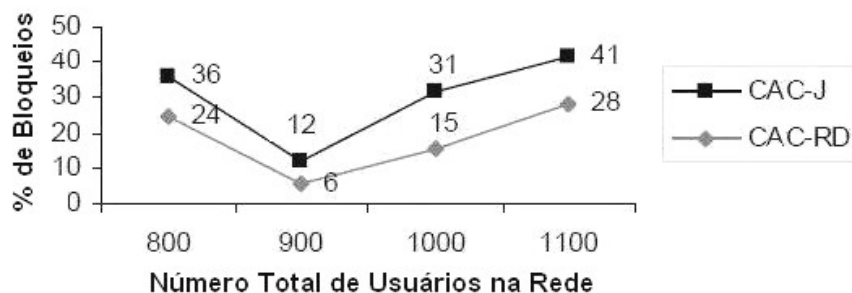


Figura 8. Número total de bloqueios de *handovers* no cenário urbano.

Assim, o resultado é apresentado em porcentagem de bloqueios. O CAC-RD foi melhor do que o CAC-J nas simulações realizadas. Em média, uma redução de 40% do

número de bloqueios de *handovers* ocorreu com o uso do algoritmo do CAC-RD em relação ao CAC-J.

5.2.3. Percentual de Bloqueio de Novas Chamadas

O número total de bloqueio de novas chamadas na rede é apresentado pelo gráfico da Figura 9. O CAC-RD obteve um ganho de 12%, 22% e 7%, para 800, 900 e 1000 usuários na rede respectivamente em relação à redução do número total de bloqueios das novas chamadas na rede.

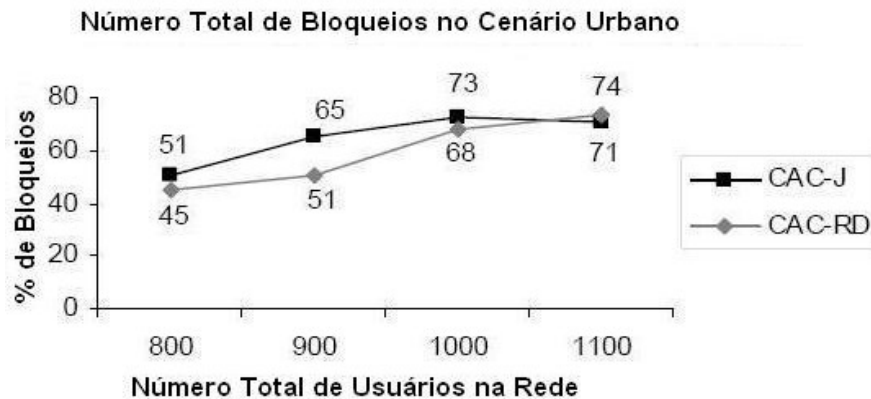


Figura 9. Número total de bloqueio de novas chamadas no cenário urbano.

Os dados obtidos passaram por uma validação estatística em um intervalo com 98% de confiança [Storck 2007]. Desse modo, percebe-se que o CAC-RD atingiu sua meta de diminuir bloqueios de aplicações de voz e processos de *handovers*, mantendo garantia de desempenho, disponibilidade e serviço.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou o CAC-RD, um modelo de controle de admissão de chamadas para redes UMTS. Seu objetivo é diminuir o número de bloqueios de processos de *handovers* e de chamadas da classe prioritária *conversational*, mantendo um compromisso entre disponibilidade e desempenho da rede. O CAC-RD possui um módulo de diagnóstico da rede, pelo qual o módulo de reserva de calcula dinamicamente o número de canais reservados para requisições de *handovers*.

Simulações foram realizadas sobre uma rede E-UMTS, no NS-2, com e sem o CAC-RD. Como o E-UMTS possui um CAC intrínseco (CAC-J), que faz controle de potência de sinal, o desempenho do CAC-RD foi comparado ao de CAC-J. O desempenho do CAC-RD foi superior ao do CAC-J, em todas as simulações realizadas, exceto para 1100 usuários quanto ao bloqueio de novas chamadas (já explicado anteriormente). A proposta de diagnóstico com bloqueios por limites de utilização e reserva de canais para *soft handovers* obteve os resultados esperados. Em geral, o CAC-RD reduziu bloqueios de *handovers* em 40% e bloqueios de novas chamadas em 11%. Comparando os resultados entre o controle de admissão considerado e o CAC-J, observa-se uma redução significativa de falhas de *handovers* e de bloqueios de novas chamadas, além do aumento do número de chamadas, principalmente das classes prioritárias. As chamadas da classe *conversational* e *handovers* foram as mais beneficiadas com o uso do CAC-RD. Comprovou-se que, com a utilização do CAC-RD,

os níveis de desempenho da rede foram melhorados. Em geral, o atraso médio da rede diminuiu em 12%, nas simulações realizadas. Para o desempenho de vazão na rede, em média, o CAC-RD obteve um ganho na vazão de dados de 15% em relação ao CAC-J.

Desse modo, a principal contribuição do CAC-RD é a garantia de maior disponibilidade, menos bloqueios de *handovers* e classes prioritárias e garantia de níveis satisfatórios de desempenho. Este é um compromisso que diferencia o CAC-RD das demais propostas.

Como trabalho futuro, o CAC-RD pode ser aplicado a outros cenários de redes UMTS e E-UMTS e a outras redes, com adaptações. Ele pode, também, ser simulado em um ambiente com mais células e mais usuários. O módulo de bloqueios de novas chamadas do CAC-RD pode ser adaptado, adotando-se limites de utilização dinâmicos em função do número de chegadas de chamadas de cada classe de tráfego na rede.

Referências

- 3GPP (2000). Technical specification group: QoS concepts and architecture (release 1999). ts 23.107 version 3.2.0.
- 3GPP (2002). Technical specification group: ue radio transmission and reception (release 5). ts 25.101 version 5.2.0.
- 3GPP (2004). Technical specification group: general universal mobile telecommunications system (umts) architecture (release 6). ts 23.101 version 6.0.0.
- 3GPP (2006a). Technical specification group: Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (fdd) (release 7). ts 25.211 version 7.1.0.
- 3GPP (2006b). Technical specification group: Quality of service (QoS) concept and architecture (release 6). ts 23.107 version 6.4.0.
- Antoniou, J. (2004). A system level simulator for enhanced umts coverage and capacity planning. Master's thesis, University of Cyprus, Department of Computer Science.
- Antoniou, J., Vassiliou, V., Pitsillides, A., Hadjipollas, G. and Jacovides, N. (2004). A discrete event based simulation environment for enhanced umts 3rd generation networks. In ACM Symposium on Applied Computing, pages 369-370.
- Braden, R. Clark, D. Shenker, S. (1994). Integrated services in the internet architecture: an overview. Technical Report 1633.
- Chahed, Tijani. Elayoubi, S. (2004). Admission control in the downlink of wcdma/umts. In EuroNGI Workshop. Pages 136-151.
- Duarte-Figueiredo, F. de L. P. (2004). DiffMobil - uma arquitetura de qualidade de serviço fim-a-fim em redes gprs. Tese de Doutorado, DCC, UFMG.
- Honkasalo, H., Pehkonen, K., Niemi, M. T., and Leino, A. T. (2002). Wcdma and wlan for 3g and beyond. IEEE Wireless Communications, pages 14-18.
- IETF (2007). Internet engineering task force web site.
- Kurose, J. Ross, B. Computer networking: a top-down approach. July, 2000: Addison Wesley Publishing Company. ISBN-13: 978-0201477115.

- Lindemann, C., Lohmann, M., and Thummler, A. (2003). A unified approach for improving QoS and provider revenue in 3g mobile networks. *ACM Journal on Mobile Networks and Applications (MONET)*, vol. 8, pages 201–221.
- Manner, J. (2003). Provision of Quality of Service in IP-based Mobile Access Networks. PhD thesis, University of Helsinki, Department of Computer Science, Finland.
- NS-2 (2007). The network simulator - ns-2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>, 2007.
- SEACORN (2004). Enhanced umts system level simulator. Available at <<http://seacorn.cs.ucy.ac.cy/eumtssim>>
- Storck, Carlos R (2007). CACRD: Controle de admissão de chamadas para redes UMTS. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Informática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil.
- Vogel, Andreas. Kerherve, Brigitte. Bochmann, Gregor von. Gecsei, Jan. Distributed (1995). Multimedia and QOS: A Survey. In *IEEE Multimedia*. Volume 2, no. 2, pages 10-19.