

Obtenção de QoS em Redes Móveis Celulares com Esquemas Alternativos de CAC e Reserva de Recursos Fim-a-Fim

Solange da Silva¹, Leonardo G. R. Guedes¹ e Paulo R. Guardieiro²

¹ Universidade Católica de Goiás, Departamento de Ciência da Computação

² Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica
solansilva@terra.com.br, leonardo.guedes@uol.com.br,

Abstract

The next generation of cellular mobile networks will support multimedia applications. However, these applications differ in terms of QoS (Quality of Service) requirements, each one inflicting constraints which are specific to this kind of environment due to its limited bandwidth. Based on this, in this paper, we propose alternative schemes of CAC (Call Admission Control) combined with adjacent cells bandwidth reservation schemes, in an end-to-end approach. This proposal try to attend various multimedia services according to their QoS requirements, also reducing the dropping probabilities during the handoff procedures, prioritizing the users already admitted in the network. The results based on simulations shows that it is possible to guarantee low levels of CDP (Call Dropping Probabilities), increasing the user satisfaction.

Keywords

Call Admission Control, Bandwidth management, Handoff, Quality of Service, Next Generation Cellular Mobile Networks, Multimedia Traffic.

Resumo

A próxima geração de redes móveis celulares suportará as aplicações multimídia. Entretanto, estas aplicações diferem muito em termos de exigências de QoS (Qualidade de Serviço), impondo requisitos que são restritivos neste tipo de ambiente, devido à sua limitada largura de banda. Em vista disso, propõem-se neste artigo, esquemas alternativos de CAC (Controle de Admissão de Chamadas), combinados com reserva de largura de banda, em uma abordagem fim-a-fim. Com esta proposta, busca-se atender os diferentes serviços multimídia conforme seus diferentes requisitos de QoS, além de reduzir a taxa de perdas de chamadas durante os procedimentos de handoff, priorizando os usuários já admitidos na rede. Os estudos dos resultados baseados em simulações mostraram que é possível garantir níveis reduzidos de perdas por handoff, aumentando a satisfação do usuário.

Palavras-chave

Controle de Admissão de Chamadas, Gerenciamento de Largura de Banda, Handoff, Qualidade de Serviço, Redes Móveis Celulares de Próxima Geração, Tráfego Multimídia.

1. Introdução

Os sistemas móveis celulares de terceira geração (3G) suportarão o tráfego multimídia. Com o aumento do tráfego nessas redes e o surgimento das aplicações multimídia, o provisionamento de QoS (Qualidade de Serviço) tornou-se muito importante nestas redes. Neste sentido, um algoritmo adequado de CAC (Controle de Admissão de Chamadas) é essencial para se alcançar este objetivo, além de utilizar eficientemente os recursos disponíveis na rede.

As redes móveis celulares mais recentes utilizam micro ou pico células para aumentar a capacidade de transmissão e melhorar seu desempenho. Células pequenas resultam em rápidas mudanças nas condições de tráfego da rede, dificultando o atendimento aos requisitos de QoS, devido ao grande número de *handoff*, tornando mais difícil garantir QoS para as aplicações multimídia.

Partindo do princípio de que os usuários se sentem mais insatisfeitos quando sua chamada é interrompida do que quando é bloqueada, esquemas de gerenciamento de recursos tem sido propostos na literatura buscando oferecer a continuidade das chamadas aceitas na rede [1]–[7]. Entretanto, nas redes móveis celulares, a largura de banda continua sendo o recurso mais escasso. Em vista disso, uma solução para fornecer um nível adequado de QoS para as aplicações multimídia é o gerenciamento da largura de banda, considerando ainda, a mobilidade do usuário.

Tendo em vista estes desafios, apresenta-se neste artigo, esquemas alternativos de CAC baseados em reserva de largura de banda, com o objetivo de prover QoS nas redes móveis celulares de alta velocidade, transportando tráfego multimídia.

Com esta proposta, busca-se atender aos requisitos de QoS relacionados com a taxa de perdas de chamadas durante os procedimentos de *handoff*, oferecendo suporte para a continuidade das chamadas, priorizando os usuários já admitidos na rede. Além disso, os esquemas propostos neste trabalho seguem uma abordagem de provisionamento de QoS fim-a-fim.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 trata dos esquemas alternativos de CAC e Reserva de Recursos propostos. Na Seção 3, o ambiente de simulação é apresentado. Na Seção 4 são realizadas análises dos resultados obtidos nas

simulações. Finalmente, na Seção 5 as conclusões gerais são apresentadas.

2. Proposta de Esquemas Alternativos de CAC e Reserva de Recursos

Um esquema de controle de admissão baseado em reserva de largura de banda para prover garantias de QoS para tráfego multimídia, transportado em redes móveis celulares de alta velocidade é descrito em [3]. Nesta solução são considerados dois tipos de tráfego: classe I (tráfego de tempo real) e classe II (tráfego não tempo real).

O objetivo do esquema é alocar largura de banda para o tráfego de classe I onde a chamada foi solicitada e reservar recursos nas células vizinhas, de tal forma que quando um usuário executar um *handoff*, a largura de banda reservada anteriormente é alocada para suportá-lo. Em relação aos esquemas que não fazem reserva de largura de banda, esta proposta fornece uma substancial diminuição da taxa de perda de *handoff*, porém ele trata apenas a célula que solicita a chamada e não considera a célula para onde essa chamada se destina.

Neste artigo, propõe-se, como uma extensão à proposta apresentada em [3], quatro esquemas alternativos de CAC baseados em reserva de largura de banda nas células vizinhas, numa abordagem fim-a-fim. Aqui, considera-se “abordagem fim-a-fim” como sendo um procedimento de tratamento da requisição de nova chamada ou de *handoff* realizado tanto na célula que origina a chamada, quanto na célula de destino da chamada.

Considera-se ainda que os enlaces fixos intra-redes, entre os centros de comutação ou MSCs (*Mobile Switching Center*) e as estações base ou BSs (*Base Station*) possuem capacidade de transmissão suficiente para o atendimento aos requisitos de QoS de aplicações multimídia típicas.

Portanto, o escopo deste trabalho encontra-se no gerenciamento da largura de banda da interface aérea das redes móveis celulares, pois a limitação deste recurso é o principal obstáculo no atendimento aos requisitos de QoS. No contexto da pesquisa, não se considera outros fatores do meio *wireless* que dificultam prover garantias de QoS, tais como desvanecimentos por múltiplos percursos, sobreposição e interferências.

Os esquemas propostos são denominados de SR

(Sem Reserva), RT (Reserva Total), RO (Reserva apenas na Origem) e RDir (Reserva Direcionada). Estes esquemas buscam utilizar eficientemente a largura de banda disponível, priorizar os usuários já admitidos na rede, diminuindo a taxa de perdas de chamadas durante os procedimentos de *handoff* e oferecendo suporte a QoS para tráfego multimídia transportado nas redes móveis celulares.

Para atender aos requisitos de QoS das aplicações multimídia, os esquemas propostos utilizam informações locais (da célula onde se origina a requisição de nova chamada) e informações das células vizinhas para determinar se admite ou se rejeita um determinado tráfego. O tráfego multimídia é classificado em duas classes distintas: Classe I e Classe II.

A. Esquema Sem Reserva (SR)

O esquema SR representa uma extensão do sistema móvel celular convencional e, supõe-se que suporte o tráfego multimídia. Aceita as requisições de novas chamadas de Classe I e Classe II enquanto houver largura de banda disponível e não realiza reserva de recursos nas células adjacentes, na origem ou no destino, conforme ilustra a Fig. 1.

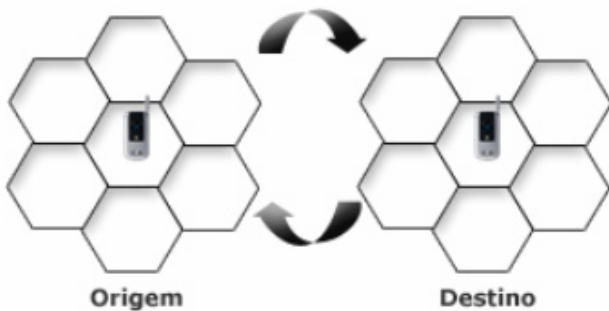


Fig. 1. Esquema Sem Reserva ou SR.

As requisições de *handoff* de Classe I são aceitas se a largura de banda mínima requerida estiver disponível e as requisições de *handoff* de Classe II são aceitas enquanto houver recursos disponíveis.

B. Esquema com Reserva Total (RT)

O esquema RT aloca largura de banda para o tráfego de classe I tanto na célula que origina a chamada (e em suas células vizinhas), quanto na célula destino (e suas adjacências), numa abordagem fim-a-fim, conforme ilustra a Fig.2.

Quando uma requisição de nova chamada for recebida, o algoritmo tenta alocar a quantidade solicitada de largura de banda na célula onde foi originada esta requisição, e efetua o tratamento da mesma, conforme a classe de tráfego (I ou II).

Se o tráfego é de classe I e existe disponibilidade de recursos, a chamada é aceita e a reserva de largura de banda desejada é feita na célula que originou a chamada e em suas células vizinhas. Caso não haja disponibilidade de largura de banda em pelo menos uma das células adjacentes, a chamada de classe I é rejeitada.

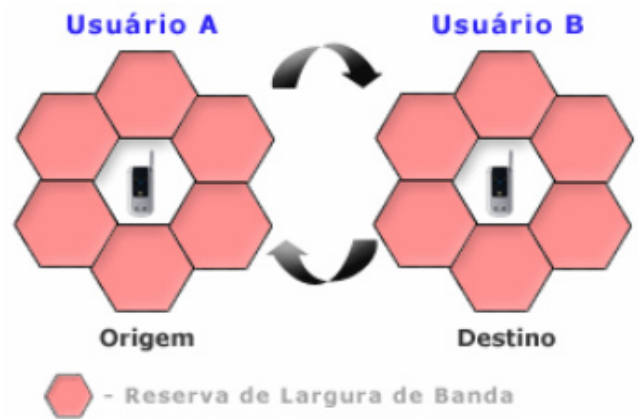


Fig. 2. Esquema com Reserva Total ou RT

Quando um usuário de classe I executar um *handoff*, a largura de banda reservada é alocada para a nova célula para a qual ele se deslocou e para suas células vizinhas, liberando a largura de banda reservada nas células que deixaram de ser vizinhas da célula de onde o usuário veio. Essa liberação de largura de banda ocorre também quando a chamada de classe I termina ou se a chamada é perdida.

Para requisições de novas chamadas e execução de *handoff* de Classe II, não se faz qualquer reserva largura de banda nas células adjacentes. As chamadas são aceitas enquanto existir largura de banda suficiente na célula. As execuções de *handoff* de classe II sempre serão aceitas, desde que exista alguma largura de banda disponível na célula para onde o usuário está se deslocando.

Além disso, é feita uma tentativa de aceitar todas as requisições de *handoff*, mesmo quando há restrição de recursos, atribuindo-se somente uma parcela mínima do valor requerido de largura de banda pela chamada, buscando-se evitar as perdas por *handoff*. Este valor reduzido de largura de banda aumentaria a duração da chamada, porém as aplicações de classe II são tolerantes a atrasos.

C. Esquema com Reserva na Origem (RO)

O esquema RO realiza a reserva de largura de banda apenas na célula que origina a chamada e em suas células vizinhas, caso o tráfego seja de classe I, conforme ilustra a Fig. 3. No destino não é feita qualquer reserva de largura de banda nem para as requisições de novas chamadas nem para as execuções de *handoff*.

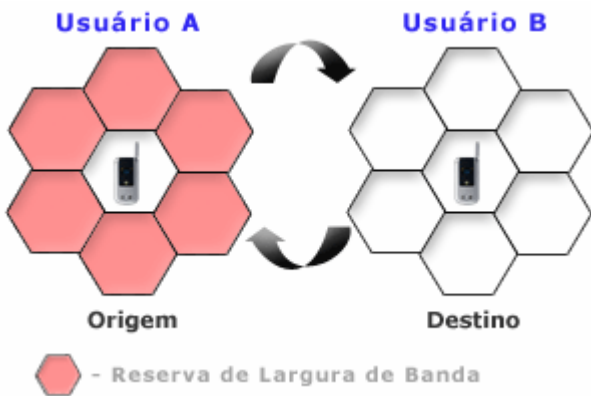


Fig. 3. Esquema com Reserva na Origem ou RO.

O esquema RO trata as requisições de novas chamadas e requisições de *handoff* de classe I da mesma forma que o esquema RT, apenas não realiza o procedimento de reserva no destino. Este esquema é uma extensão do esquema proposto em [3], numa abordagem fim-a-fim, o qual foi implementado para fins de comparação.

D. Esquema com Reserva Direcionada (RDir)

O esquema RDir reserva recursos somente nas três células adjacentes que apresentam as maiores probabilidades de sofrerem uma execução de *handoff*. O tratamento da requisição de uma nova chamada de classe I está ilustrado na Fig. 4.

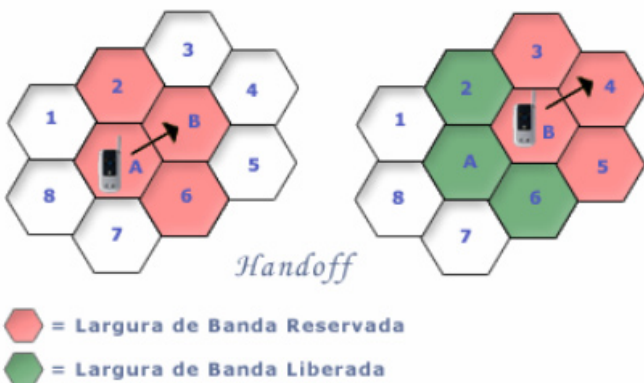


Fig. 4. Esquema de Reserva Direcionada (RDir), e um procedimento de Handoff.

Exemplificando o funcionamento do esquema RDir: considera-se que uma chamada de classe I tenha sido originada na célula A. Sendo assim, a BS aloca largura de banda para a célula A e reserva recursos nas suas três células vizinhas (2, B e 6), antecipando-se ao *handoff*. Quando o usuário se move da célula A para a célula B, a BS reserva recursos nas próximas três células vizinhas a B (3, 4 e 5) e libera recursos das células 2, A e 6, que deixaram de ser adjacentes, e assim por diante. Este mesmo procedimento de reserva é também efetuado na célula para onde se destina a chamada.

Os esquemas RO, RDir e RT priorizam as requisições de *handoff*, buscando diminuir as perdas de chamadas de usuários já aceitos na rede, melhorando a percepção de QoS do usuário, pois este tipo de perda é, em geral, mais desagradável para o usuário que o bloqueio de chamadas.

3. Ambiente de Simulação

O ambiente de simulação é composto por 100 células, e cada célula mantém contato com suas seis células vizinhas. Cada célula possui uma capacidade de 30 Mbps [3], [13].

Quanto ao modelo de tráfego, o número de chegadas de requisições de novas chamadas segue a distribuição de Poisson, e os tempos entre chegadas são exponencialmente distribuídos. O tempo de duração das chamadas segue a distribuição exponencial negativa.

Para representar as várias aplicações multimídia, definem-se seis diferentes grupos de aplicações típicas [8]-[12], conforme mostra a Tabela I.

TABELA I
TRÁFEGO MULTIMÍDIA UTILIZADO NAS SIMULAÇÕES

| GRUPO DA APLICAÇÃO | CLASSE DE TRÁFEGO | LARGURA DE BANDA REQUERIDA | DURAÇÃO MÉDIA DA CHAMADA | EXEMPLO DE APLICAÇÃO |
|--------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1 | Classe I | 30 kbps | 3 minutos | Serviços de Voz |
| 2 | Classe I | 256 kbps (CBR) | 5 minutos | Videofone |
| 3 | Classe I | 1-6 Mbps (VBR) | 10 minutos | Vídeo sob demanda |
| 4 | Classe II | 5-20 kbps (UBR) | 0,5 minutos | E-mail |
| 5 | Classe II | 64-512 kbps(UBR) | 3 minutos | Dados sob demanda |
| 6 | Classe II | 1-10 Mbps | 2 minutos | Transferência de arquivos |

Cada célula contém uma BS, a qual é responsável por estabelecer ou finalizar as novas chamadas e/ou requisições de *handoff*, assim como reservar largura de banda para as células vizinhas. Na simulação, considera-se que as requisições de novas chamadas, dos seis grupos de aplicações, são geradas com igual probabilidade.

Os serviços são considerados sob os seguintes aspectos: duração da conexão, exigência de largura de banda e a classe de tráfego. Os diferentes grupos de aplicações utilizados nas simulações são modelados por fontes de tráfego CBR (*Constant Bit Rate*), VBR (*Variable Bit Rate*) e UBR (*Unspecified Bit Rate*).

4. Apresentação e Análise de Resultados

Os experimentos foram realizados em um simulador orientado a eventos, implementado em linguagem de programação C++, especialmente desenvolvido para esta finalidade.

As medidas de desempenho consideradas para os esquemas propostos foram os seguintes parâmetros de QoS: o CBP (*Call Blocking Probability*), que é a probabilidade de uma nova chamada ser rejeitada, o CDP (*Call Dropping Probability*), que é a probabilidade de uma requisição de *handoff* ser perdida, e o percentual de utilização de largura de banda por célula.

A Fig. 5 apresenta os resultados obtidos para o percentual de utilização de largura de banda por célula. Nela se confirma que o esquema SR alcança uma maior utilização da largura de banda, mas isso se justifica porque ele não realiza nenhuma reserva, ao contrário dos esquemas RDir, RO e RT, os quais apresentam utilização menos efetiva por reservarem recursos nas células vizinhas.

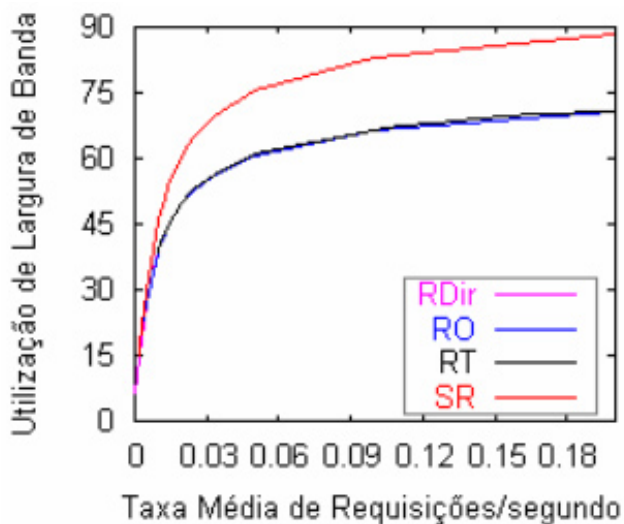


Fig. 5. Percentual de Utilização de largura de banda por célula.

A tabela II mostra a utilização média de largura de banda e seus respectivos intervalos de confiança. Esses valores foram calculados considerando um nível de confiança de 95%.

TABELA II.
UTILIZAÇÃO MÉDIA DE LARGURA DE BANDA E SEUS RESPECTIVOS INTERVALOS DE CONFIANÇA.

| ESQUEMA PROPOSTO | UTILIZAÇÃO MÉDIA DE LARGURA DE BANDA | INTERVALO DE CONFIANÇA (95%) |
|----------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Reserva Direcionada (RDir) | 53,222% | (53,149 a 53,294) |
| Reserva Total (RT) | 40,872% | (40,872 a 40,872) |
| Reserva na Origem (RO) | 52,956% | (52,749 a 53,162) |
| Sem Reserva (SR) | 64,593% | (63,512 a 66,675) |

A Fig. 6(a) apresenta as taxas de bloqueio de chamadas (CBP) e a Fig. 6(b) as taxas de perdas de chamadas (CDP) do tráfego de Classe I. Nota-se que os esquemas SR e RO apresentam as menores taxas de bloqueio, porém possuem as maiores taxas de perdas de requisições de *handoff*. Isso se justifica, pois o *handoff* não é priorizado nesses esquemas.

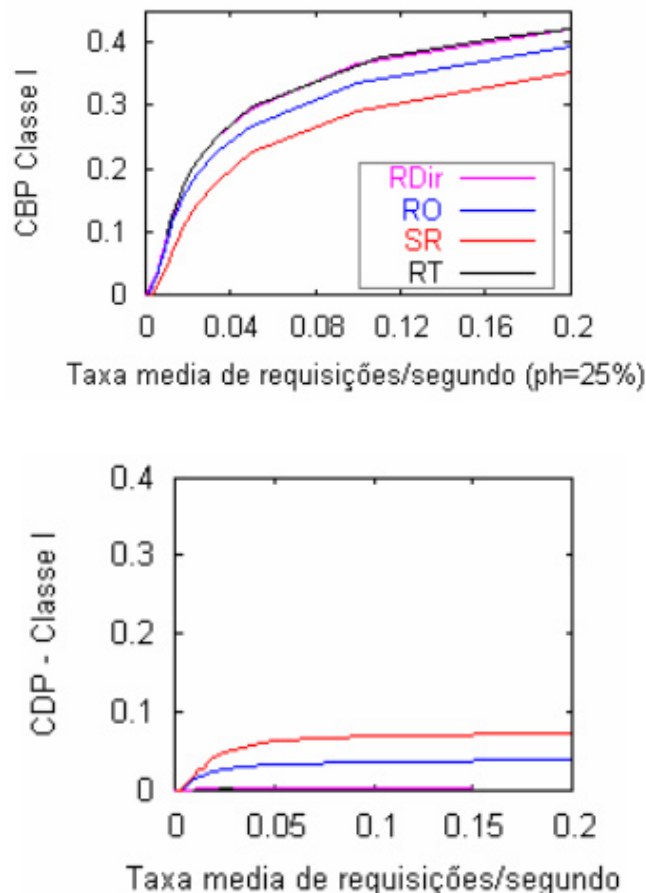


Fig. 6(a) CBP e 6(b) CDP de Conexões de Classe I, em baixa mobilidade.

Uma vez que os esquemas RDir e RT reservam igualmente largura de banda para o tráfego de classe I na célula que origina a chamada (e em suas células vizinhas), bem como no destino da chamada, eles alcançam melhores resultados de CDP, (Fig. 6(b)), às custas de uma maior taxa de bloqueios de novas chamadas (CBP), ilustrado na Fig. 6(a). Contudo, o aspecto mais importante é que eles garantem a manutenção das conexões aceitas na rede.

A Fig. 7(a) apresenta apenas as taxas de CDP dos quatro esquemas. O detalhamento do gráfico da Figura 7(a) na Fig 7(b) possibilita verificar que os esquemas RDir e RT, se comparados com os esquemas SR e RO, apresentam os melhores resultados em termos de taxas de CDP.

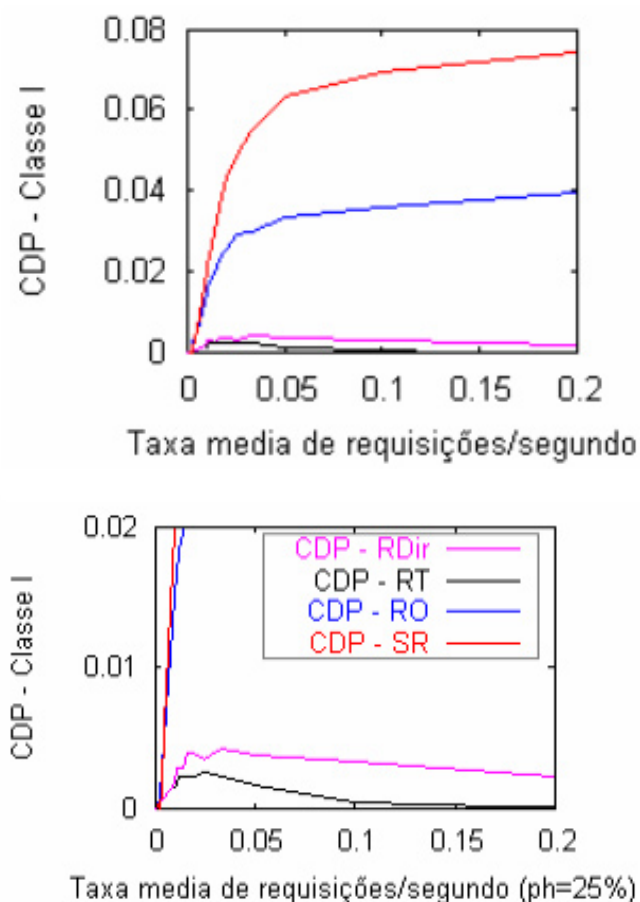


Fig. 7. (a) CDP de Classe I e 7(b) detalhe da taxa média de CDP dos esquemas Rt e RDir.

Além disso, com o aumento do número de requisições de chamadas, o CDP diminui a partir de um determinado valor nos esquemas RDir e RT. Isso ocorre devido à diminuição da quantidade média de largura de banda disponível nas células. Dessa forma, quando chega uma nova chamada requerendo uma quantidade maior deste recurso, provavelmente esta chamada será rejeitada. Por essa razão, a largura de banda média alocada para uma nova chamada diminui e, assim, uma requisição de *handoff* tem maior probabilidade de ser aceita, uma vez que sua largura de banda mínima solicitada é menor que a exigida por uma nova chamada, justificando a redução de valores observada na curva de taxa de CDP correspondente.

A Figura 7(b) também mostra que os esquemas RDir e RT alcançam uma menor taxa de CDP, mesmo com alta mobilidade, quando a rede tende a sofrer congestionamentos (quando o número de requisições fica maior). Todavia, garante-se a manutenção das conexões já estabelecidas, uma vez que recursos na origem e destino da chamada são reservados simultaneamente.

Estes resultados também demonstram que os esquemas RDir e RT propostos alcançam um melhor

desempenho em termos da continuidade de chamadas em relação aos esquemas SR e RO, pois fazem a reserva de largura de banda, antecipando às requisições de *handoff*.

5. Conclusão

Neste artigo propõem-se esquemas alternativos de CAC combinados com reserva de largura de banda, numa abordagem fim-a-fim. Estudos de desempenho baseados em simulações demonstraram que os esquemas propostos, denominados de Reserva Direcionada e Reserva Total, apresentaram baixas taxas de perdas de requisições de *handoff*. Dessa forma, garante-se a manutenção das chamadas de tempo real (ou de Classe I) aceitas no sistema e melhora-se, portanto, a QoS que poderá ser obtida nas redes móveis celulares de próxima geração.

Referências Bibliográficas

- [1] H. P. Pati, R. Mall and I. Sengupta, "An Efficient Bandwidth Reservation and Call Admission Control Scheme for Wireless Mobile Networks", *Computer Communications*, Vol. 25, Issue 1, pp. 74-83, January, 2002.
- [2] S. Kim and P. K. Varshney, "An Adaptive Fault Tolerant Algorithm for Multimedia Cellular Networks", *Proc. of the IEEE Vehicular Technology Conference, VTC 2003 Spring*, April, 2003.
- [3] C. H. Oliveira and T. Suda, "Quality-of-Service Guarantee and Traffic Characterization in Multimedia Wireless Networks", *Ph.D. dissertation*, University of Irvine, California, 2002.
- [4] A. Hac and A. Armstrong, "Resource Allocation Scheme for QoS Provisioning in Microcellular Networks Carrying Multimedia Traffic", *International Journal of Network Management*, pp. 277-307, 2001.
- [5] S. Kim and P. K. Varshney, "An Adaptive Bandwidth Algorithm for QoS Sensitive Multimedia Cellular Networks", *Vehicular Technology Conference. Proceedings VTC 2002 – Fall, IEEE 56th, Volume 3*, pp. 1475-1479, September, 2002.
- [6] R. J. Jayaram et al., "Call Admission and Control for Quality-of-Service (QoS) Provisioning in Next Generation Wireless Network", *Wireless Network*, vol. 6, pp 17-30, February, 2000.
- [7] W. Soh and H. S. Kim, "QoS Provisioning in Cellular Networks Based on Mobility Prediction Techniques", *IEEE Communications Magazine*, pp. 86-92, January, 2003.

[8] A. Campbell et al., "Integrated Quality of Service for Multimedia Communications", *Computer Communication Review*, January, 1993.

[9] V. Paxson, "Empirically Derived Analytic Models For Wide-Area TCP Connections", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, pp. 316-336 August, 1994.

[10] K. M. S. Murthy and R. Pandya, "Tutorial on Personal Communication Systems and Services", *Proceedings of the IEEE ICUPC*, San Diego, September, 1994.

[11] Z. Hass, "Tutorial on Mobile Communication Networks", *Proceedings of the IEEE Globecom*, San Francisco CA, November, 1994.

[12] J. Crowcroft et al., "Some Multimedia Traffic Characterization and Measurement Results", *Technical Report*, Department of Computer Sciences, University College London, 1992.

[13] S. Silva, L. G. R. Guedes, P. R. Guardieiro, "Um Estudo Sobre Provisionamento de QoS para Tráfego Multimídia em Redes Móveis Celulares Baseado em CAC e Reserva de Recursos", *SBrT'2004 – XXI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações*, Belém – PA, Setembro, 2004.

coordenador do Laboratório de Redes de Computadores (LRC) da Faculdade de Engenharia Elétrica da UFU. Seus principais interesses em pesquisa são qualidade de serviço na Internet e nas redes móveis, comunicações multimídias, redes de alta velocidade.

Informações Sobre os Autores

Solange da Silva graduou-se em Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade Católica de Goiás (UCG), em 1988. Recebeu o título de Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Goiás (UFG) em 2000 e de Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) em 2005. É professora do Departamento de Ciência da Computação da UCG e desenvolve pesquisas sobre qualidade de serviço nas redes móveis celulares.

Leonardo Guerra Rezende Guedes obteve o título de engenheiro eletricista pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Em 1994, mestre em Engenharia Elétrica pela UNICAMP, e Doutor em Engenharia Elétrica pela UNICAMP em 1996. Atualmente é professor titular na UCG e UFG. Atualmente, atua em pesquisas nas áreas de planejamento sistemas de comunicações e de informação.

Paulo Roberto Guardieiro é professor titular da Universidade Federal de Uberlândia. Formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (1978). Obteve o título de Mestre em Engenharia Eletrônica pelo ITA (1984) e Doutor em Engenharia Elétrica pela UNICAMP (1991). É