

Um Estudo Sobre Provisionamento de QoS para Tráfego Multimídia em Redes Móveis Celulares Baseado em CAC e Reserva de Recursos

Solange da Silva, Leonardo G. R. Guedes e Paulo Roberto Guardieiro

Resumo—A próxima geração de redes móveis/wireless irá suportar aplicações multimídia. Qualidade de Serviço (QoS) tem sido considerada a maior restrição neste ambiente. Em vista disso, propõem-se neste artigo, esquemas alternativos de CAC combinados com reserva de largura de banda, em uma abordagem fim a fim. Os resultados das simulações mostram que é possível garantir níveis satisfatórios de probabilidades de bloqueio de chamadas e perdas de handoffs.

Palavras-Chave—QoS, Reserva de Largura de Banda, Controle de Admissão de Chamadas, Redes Móveis Celulares, Tráfego Multimídia.

Abstract—The next generation mobile/wireless networks will support multimedia applications. Quality of Service (QoS) has been considered the major constraint in this environment. Thus, in this paper, we propose alternative schemes of CAC combined with bandwidth reservation schemes of adjacent cells, in an end-to-end approach. The simulation results show that it is possible to assure reasonable levels of call blocking and dropping probabilities.

Index Terms—Bandwidth Allocation, QoS, CAC, Mobile/Wireless Networks, Multimedia Traffic.

I. INTRODUÇÃO

A próxima geração de redes móveis/wireless deverá suportar uma diversidade de serviços, dentre eles, os serviços multimídia. Entretanto, estas aplicações diferem muito em termos de exigências de QoS, impondo requisitos que são restritivos neste tipo de ambiente, devido a sua limitada largura de banda.

Além disso, as redes mais recentes utilizam micro ou pico células para aumentar a capacidade de transmissão e melhorar o desempenho.

Pequenas células resultam em rápidas mudanças nas condições de tráfego da rede, dificultando o atendimento aos

requisitos de QoS, devido ao grande número de *handoffs*, tornando mais difícil garantir QoS para as aplicações multimídia.

Motivado por estes desafios, apresenta-se, neste artigo, esquemas alternativos de CAC baseado em reserva de largura de banda, com a finalidade de atender aos requisitos de QoS nas redes móveis/wireless, de alta velocidade, transportando tráfego multimídia.

Com esta proposta, busca-se a utilização mais eficiente da largura de banda disponível, a diminuição da taxa de bloqueio de chamadas, a priorização dos usuários já admitidos na rede, além do decréscimo da taxa de perdas de chamadas durante os procedimentos de *handoffs*, não garantindo, mas oferecendo um suporte a QoS.

Este artigo está organizado do seguinte modo: a Seção II define o problema das redes wireless com multimídia. A Seção III descreve os esquemas propostos. Na Seção IV apresenta-se o modelo de simulação. A Seção V apresenta uma análise de resultados das simulações realizadas. Finalmente, na Seção VI, as conclusões gerais são apresentadas.

II. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente a demanda por diferentes tipos de serviços tende para uma convergência das redes de comunicações existentes, buscando integrar, numa mesma infra-estrutura, de forma eficiente, uma variedade de mídias.

Atender aos requisitos de desempenho de diferentes aplicações, em termos de largura de banda, atraso fim a fim, variação de atraso e confiabilidade na transmissão de dados, é o principal objetivo das pesquisas na área de QoS.

Entretanto, nas redes móveis celulares, o espectro de frequências continua sendo o recurso mais escasso. Em vista disso, o problema fundamental em fornecer um nível adequado de QoS para a correta operação de diferentes aplicações, nestas redes, é o gerenciamento da largura de banda, considerando, ainda, a mobilidade do usuário e a alta variabilidade da qualidade do enlace de comunicação wireless, principalmente em situações de congestionamento.

Neste cenário desafiador, propõe-se, neste trabalho, esquemas alternativos de CAC baseados em reserva de largura de banda, com os quais procura-se atender aos

requisitos de QoS das aplicações multimídia nas redes *wireless* de alta velocidade.

III. PROPOSTA DE ESQUEMAS ALTERNATIVOS DE CAC E RESERVA DE RECURSOS

Atualmente, muitos algoritmos de CAC propostos na literatura estão sendo aplicados a redes móveis/*wireless* tais como em [1], [2], [3], [4], [5], [6].

Assim, tendo como referência a solução apresentada em [3], são propostos neste artigo quatro esquemas alternativos de CAC baseados em reserva de largura de banda nas células vizinhas, numa abordagem fim-a-fim.

Define-se “abordagem fim-a-fim” como sendo o procedimento de reserva de largura de banda, que é realizado tanto na célula que origina a chamada (origem) e suas células adjacentes, quanto na célula a qual esta chamada se destina (destino).

Considera-se 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 está na limitação de largura de banda na interface aérea das redes *wireless*, como sendo o principal obstáculo no atendimento aos requisitos de QoS. No contexto da pesquisa, não se consideram outros problemas adversos do meio *wireless* tais como *fading*, multipercurso, restrições de energia, etc.

São propostos quatro esquemas denominados de: Esquema Sem Reserva (SR), Esquema de Reserva Total (RT), Esquema com Reserva apenas na Origem (RO) e Esquema de Reserva Direcionada (RDir).

Eles são executados em cada BS, de forma distribuída e priorizam os usuários já aceitos na rede (isto é, buscam atender as requisições de *handoffs*) em relação a um novo usuário (isto é, uma nova requisição de chamada).

Para atender a diversidade de exigências de QoS requeridas por um conjunto de aplicações, os esquemas propostos utilizam informações locais (da célula onde se origina a requisição de nova chamada) e informações remotas (das células adjacentes) para determinar se admite ou se rejeita um determinado tráfego.

Os dados remotos são úteis devido às características de mobilidade dos usuários, para garantir um nível aceitável de qualidade durante toda a duração de uma chamada.

O tráfego multimídia é classificado em duas classes distintas: Classe I, ou tráfego em tempo real (vídeo e voz) e Classe II, ou tráfego não tempo real (*email* e outros tráfegos TCP/IP).

A. Esquema Sem Reserva (SR)

O esquema SR representa uma extensão do sistema móvel celular atual, porém, com suporte para o tráfego multimídia. Aceita as requisições de novas chamadas de Classe I e Classe II enquanto tiver banda disponível, e como o nome sugere, não realiza reserva de largura de banda.

Aceita as requisições de *handoff* de Classe I se a banda mínima estiver disponível e aceita requisições de *handoff* de Classe II enquanto tiver banda disponível.

B. com Reserva Total (RT)

Este esquema proposto, como o próprio nome sugere, efetua reserva total, ou seja, realiza a reserva de largura de banda tanto na célula que origina a chamada quanto em suas células vizinhas, numa abordagem fim-a-fim, conforme ilustra a Figura 1.

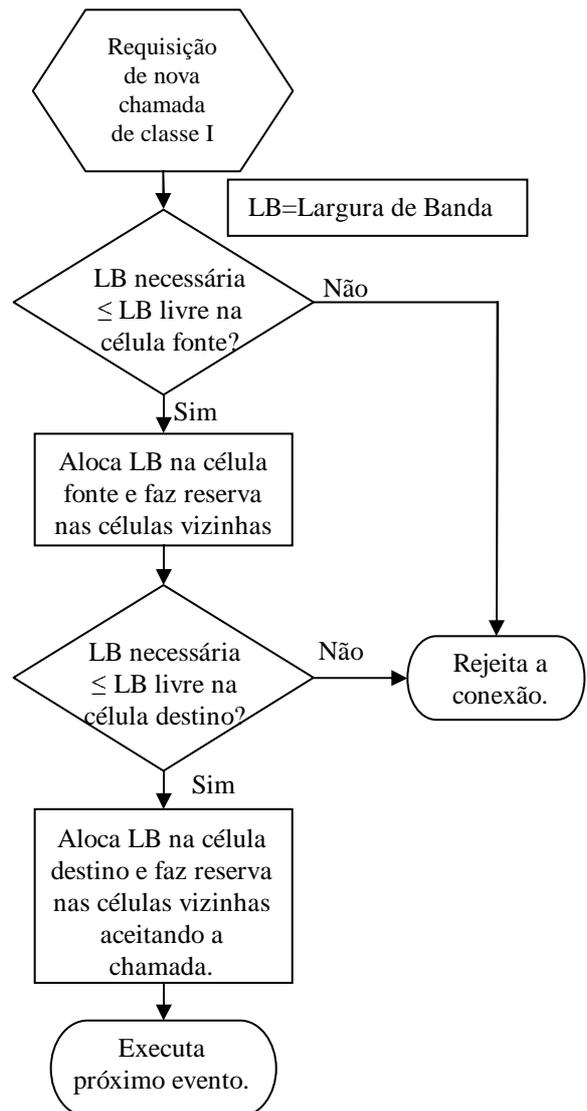


Fig. 1. Tratamento de requisição de nova chamada de classe I no esquema RT.

A reserva de largura de banda é realizada para as requisições de novas chamadas de classe I e para as chamadas de *handoff*.

Ao fazer uma requisição de nova chamada ou uma chamada de *handoff*, o usuário informa qual sua classe de tráfego, a quantidade de largura de banda desejada, a largura de banda mínima e necessária para manter a qualidade da conexão aceitável (se for de classe I).

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.

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 realizada na célula que originou a chamada e em suas células vizinhas, conforme ilustrado no fluxograma da Figura 1. Caso não tenha disponibilidade de largura de banda em pelo menos em uma das células adjacentes a chamada é rejeitada.

Quando um usuário de classe I executar um *handoff*, ou seja, quando ele precisar mudar para uma nova célula, a largura de banda reservada é alocada para esta nova célula e para suas células vizinhas, e ocorre a liberação de largura de banda reservada nas células que deixaram de serem vizinhas da célula de onde o usuário veio. A 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 de Classe II não é feita nenhuma reserva nas células adjacentes. As chamadas são aceitas se existir alguma largura de banda disponível na célula.

Os *handoffs* de classe II sempre serão aceitos, 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 a chamada de *handoff*, quando há restrição de recursos, atribuindo somente uma quantidade mínima do valor requerido pela chamada, buscando evitar as perdas de *handoff*. Esta possível redução de largura de banda aumenta a duração de transmissão, porém estas aplicações são mais tolerantes a atrasos.

C. Esquema Com Reserva na Origem (RO)

O esquema RO realiza a reserva apenas na célula que origina a chamada (origem), e nas suas células vizinhas, caso tenha largura de banda disponível e o tráfego seja de classe I. No destino, não se realiza reserva para antecipar os *handoffs*.

O esquema RO trata as requisições de novas chamadas e chamadas 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, implementado para fins de comparação.

D. Esquema Com Reserva Direcionada (RDir)

O esquema RDir reserva recursos somente nas 3 células adjacentes com maiores probabilidades de acontecer o *handoff*.

O tratamento da requisição de uma nova chamada de classe I está ilustrado na Figura 2. Por exemplo, considera-se que uma chamada de classe I seja originada na célula A, então a BS aloca largura de banda para esta 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, agora distantes. E assim por diante. Este mesmo procedimento é também efetuado na célula onde se destina a chamada.

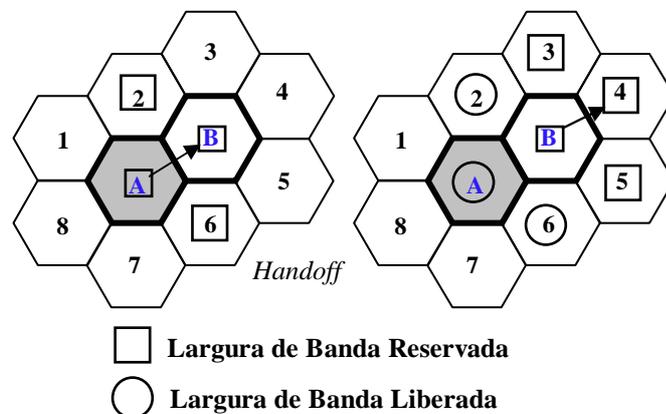


Fig. 2. Reserva de largura de banda e processo de *handoff* no esquema RDir.

Os esquemas RO, RDir e RT fornecem prioridade às chamadas de *handoffs*, buscando prover uma maior conectividade aos usuários já aceitos na rede. Isso permite melhorar a percepção de QoS do usuário, pois uma perda de conexão (por falta de recursos) é geralmente mais desagradável que o bloqueio da conexão [7].

Vários métodos podem ser aplicados para determinar a quantidade de largura de banda a ser reservada. O mais simples deles é reservar a largura de banda requerida por cada chamada igualmente em todas as células. Isso acarreta desperdícios porque poderá ocorrer uma reserva excessiva dos recursos.

Buscando otimizar a utilização de recursos, os esquemas RO, RDir e RT utilizam um método que faz o cálculo da quantidade a ser reservada, seguindo o algoritmo a seguir:

1. Soma toda a largura de banda requerida pelos serviços de classe I presentes nas células vizinhas à célula que vai realizar a reserva;
2. Soma a quantidade de usuários de classe I das células vizinhas da célula que vai realizar a reserva;
3. Localiza a conexão que requer maior largura de banda de todas as conexões existentes nas células vizinhas;
4. A quantidade de largura de banda a ser reservada é igual ao total da soma das larguras de banda requerida pelo tráfego de classe I das células vizinhas; dividido por 6 (número de células vizinhas).
5. Se a conexão que exige mais largura de banda requerer um valor maior que o resultado obtido na divisão acima, a quantidade reservada será igual ao valor exigido por essa aplicação;
6. Se a quantidade de largura de banda reservada for maior que o limite de reserva, então a quantidade de largura de banda reservada será igual ao limite de reserva pré-estabelecido.

7. Caso uma conexão de classe I exija uma quantidade de largura de banda, mas não há todo este valor disponível, esta conexão é rejeitada.

IV. AMBIENTE DE SIMULAÇÃO

O ambiente de simulação é composto por 100 células, e cada célula mantém contato com suas 6 células vizinhas, pois está sendo usado o conceito de *cell-cluster*. Cada célula possui uma capacidade de 30 Mbps [3,13].

Quanto ao tráfego, as chegadas seguem uma distribuição de Poisson, e o tempo entre as chegadas segue o modelo exponencial. O tempo de duração das chamadas segue a distribuição exponencial negativa.

Cada célula contém uma BS, a qual é responsável por estabelecer ou finalizar as novas chamadas e conexões de *handoff*, assim como reservar largura de banda para as células vizinhas.

Para representar as várias aplicações multimídia, definem-se seis diferentes grupos de aplicações, conforme a Tabela I abaixo:

TABELA I
TRÁFEGO MULTIMÍDIA UTILIZADO NAS SIMULAÇÕES [3]

Classe de Tráfego	Largura de Banda Requerida	Duração Média da Chamada	Exemplo de Aplicação
Classe I	30 Kbps (CBR)	3 minutos	Serviços de Voz
Classe I	256 Kbps (CBR)	5 minutos	Videofone
Classe I	1-6 Mbps (VBR)	10 minutos	Video sob demanda
Classe II	5-20 Kbps (UBR)	0.5 minuto	E-mail, fax
Classe II	64-512 Kbps (UBR)	3 minutos	Login Remoto e Dados sob demanda
Classe II	1-10 Mbps	2 minutos	FTP

Na simulação considera-se que as requisições de novas chamadas, dos seis grupos de aplicações, são geradas em igual probabilidade. Os serviços são considerados sob os seguintes aspectos: duração da conexão, exigência de largura de banda e tipo de classe (se é de classe I ou II).

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*). Estas são aplicações típicas e seus parâmetros foram também adotados em [8], [9],[10], [11], [12].

V. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

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

Consideram-se, como medidas de desempenho para os esquemas propostos, 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 chamada de

handoff ser perdida, e o percentual de utilização de largura de banda por célula [13].

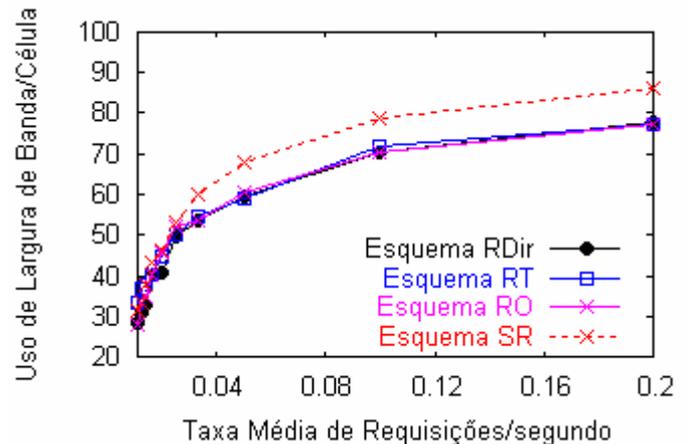


Fig. 3. Percentual de Utilização de largura de banda por célula

A Figura 3, que apresenta o percentual de utilização de largura de banda por célula, mostra que o esquema SR alcança uma maior utilização da largura de banda, mas isso se justifica porque ele não realiza nenhuma reserva, diferente dos esquemas RDir, RO e RT, que, por reservarem largura de banda nas células vizinhas, desperdiçam um pouco deste recurso, por isso eles apresentam uma utilização menos efetiva.

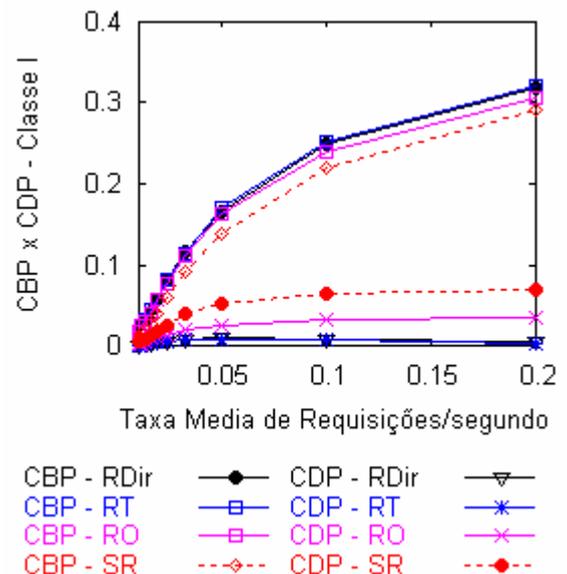


Fig. 4. CBP versus CDP de Conexões de Classe I, em baixa mobilidade

A Figura 4 apresenta, em um mesmo gráfico, as taxas de bloqueio de chamadas (CBP) e as taxas de perdas de chamadas (CDP). Nota-se que os esquemas SR e RO apresentam as menores taxas de bloqueio, porém possuem as maiores taxas de perdas de chamadas de *handoffs*, uma vez que *handoffs* não são priorizados por estes esquemas.

Uma vez que os esquemas RDir e RT reservam largura de banda nas células vizinhas, na origem e no destino, eles alcançam melhores resultados de CDP, às custas de uma

maior de bloqueios de novas chamadas, mas o importante é que eles garantem a manutenção das conexões aceitas na rede, conforme proposto.

As Figuras 5 e 6, abaixo, apresentam apenas as taxas de CDP dos esquemas, detalhando mais o gráfico da Figura 4.

É possível verificar que os esquemas RDir e RT, se comparados com os esquemas SR e RO, apresentam os melhores resultados.

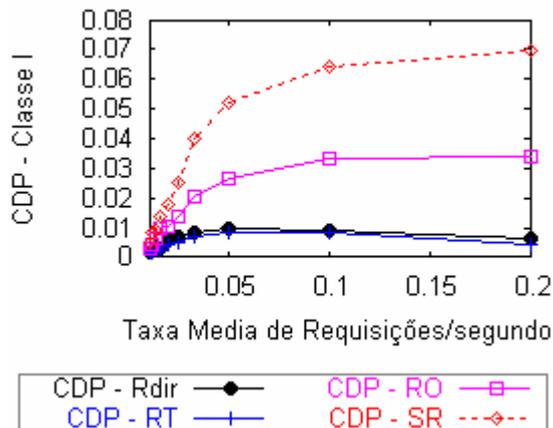


Fig. 5. Probabilidade de Perdas de Handoff (ou CDP) de classe I – baixa mobilidade.

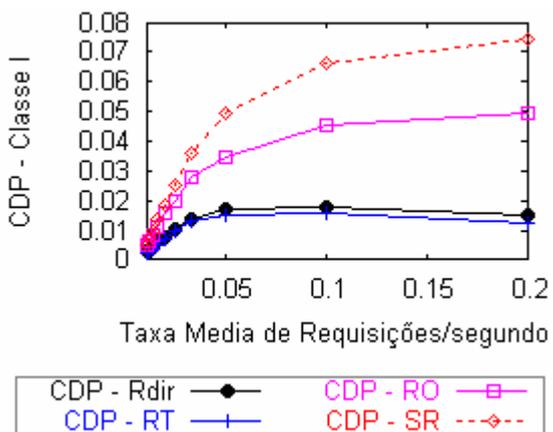


Fig. 6. Probabilidade de Perdas de Handoff (ou CDP) de classe I – alta mobilidade.

Além disso, quando as requisições de chamadas aumentam, o CDP diminui, a partir de um determinado valor, nos esquemas RDir e RT, porque a quantidade média de largura de banda disponível diminui nas células, e, assim, quando chega uma requisição de nova chamada, que requer uma quantidade maior deste recurso, provavelmente será rejeitada.

Por isso, a média de largura de banda alocada para uma nova chamada diminui, e assim, uma chamada de handoff têm mais chances de ser aceita, uma vez que sua largura de banda mínima requerida é menor que a requerida por uma requisição de nova chamada, justificando a menor taxa de CDP.

As Figuras 5 e 6 mostram também que os esquemas propostos RDir e RT alcançam uma menor taxa de CDP,

mesmo em alta mobilidade, quando a rede tende a sofrer congestionamentos, garantindo, assim, a manutenção das conexões já estabelecidas, uma vez que reserva recursos na origem e destino, simultaneamente.

Os resultados demonstram que os esquemas propostos RDir e RT conseguem um melhor desempenho em relação aos esquemas SR e RO, pois fazem a reserva de largura de banda, antecipando os handoffs.

VI. CONCLUSÃO

Neste artigo propõem-se esquemas alternativos de CAC (*Call Admission Control*) 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 (RDir) e Reserva Total (RT), apresentaram as menores taxas de perdas de handoffs ou CDP, quando comparados com esquemas semelhantes.

Dessa forma, garante-se a manutenção das chamadas aceitas no sistema e melhora-se, portanto, a qualidade de serviço nas redes móveis/wireless de alta velocidade.

REFERÊNCIAS

- [1] H. P. Pati, R. Mall and I. Sengupta, "An Efficient Bandwidth Reservation and Call Admission Control Scheme for Wireless Mobile Networks", *Computer Communications* 25, pp. 74-83, fevereiro, 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*, abril, 2003.
- [3] C. H. Oliveira and T. Suda, "Quality-of-Service Guarantee and Traffic Characterization in Multimedia Wireless Networks", *Doctoral Thesis*, University of 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, setembro, 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, fevereiro, 2000.
- [7] W. Soh and H. S. Kim, "QoS Provisioning in Cellular Networks Based on Mobility Prediction Techniques". *IEEE Communications Magazine*, janeiro, 2003.
- [8] A. Campbell et al, "Integrated Quality of Service for Multimedia Communications", *Computer Communication Review*, janeiro, 1993.
- [9] V Paxson, "Empirically Derived Analytic Models For Wide-Area TCP Connections", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, agosto, 1994.
- [10] K.M. S. Murthy and R. Pandya, "Tutorial on Personal Communication Systems and Services". In *Proceedings of the IEEE ICUPC*, San Diego, setembro, 1994.
- [11] Z. Hass, "Tutorial on Mobile Communication Networks". In *Proceedings of the IEEE Globecom*, San Francisco CA, novembro, 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 and P.R.. Guardieiro, "Mobile to Mobile QoS for Multimedia Traffic in Wireless Networks by Using Resource Reservation and CAC", *International Network Conference – INC2004*, Plymouth, U.K., 2004.