

Controle de Admissão com Alocação Dinâmica de Recursos

J. Roberto Boisson de Marca e Luciana B. Priolli

Resumo— O uso de canais de guarda para garantir prioridade para chamadas em *handoff* tem sido assunto de diversos trabalhos publicados. A maioria desses trabalhos, no entanto, consideram que os canais de guarda são distribuídos pelas células (ou setores) de acordo com um planejamento de frequência, sendo portanto fixos. Neste trabalho é mostrado que se um particular método de alocação dinâmica de canais (DCA) for utilizado para compartilhar os canais entre as diferentes células e também ordenar os canais dentro do grupo de canais de guarda um grande melhoria de desempenho pode ser obtida. O valor da probabilidade de *handoff* é diminuído substancialmente sem que haja impacto negativo na probabilidade de bloqueio, melhorando desta forma a qualidade de serviço oferecida pela operadora celular.

Palavras-Chave — Controle de Admissão de Chamada, Alocação Dinâmica de Canais, Segregação de Canais

Abstract— Handoff priority systems are often implemented through the definition of a pool of reserved (or guard) channels which is available only for calls or transactions being handed over. Most studies thus far consider that fixed allocation of the guard resources is employed. In this work we consider sharing the reserve channels among the cells (or sectors) through the use of a particular method of dynamic channel allocation (DCA). It is shown here that the use of DCA on the pool of guard channels affords a great reduction in the probability of handoff failure without increasing the blocking probability, resulting in a significant improvement in the quality of service provided by the cellular system and also in the system utilization..

Index Term s— Admission Control, Dynamic Channel Allocation, Channel Segregation, Cellular systems.

I. INTRODUÇÃO

A área de controle de admissão tem sido objeto de um grande número de trabalhos nas últimas duas décadas. Uma das preocupações que têm motivado esses estudos é a necessidade de garantir uma baixa taxa de falhas durante a realização de *handoffs*.

Uma das maneiras de garantir esse objetivo, que está relacionado com a qualidade de serviço oferecida pela operadora, é conceder uma maior prioridade de admissão para solicitações de *handoffs* do que aquela para novas chamadas que chegam à rede. O mecanismo de canais de guarda tem sido uma forma popular e simples de estabelecer um esquema de prioridades [1]. Nesta estratégia um conjunto de canais é separado estando disponível apenas para chamadas em *handoff*. No entanto, a vasta maioria dos trabalhos que abordam este tema considera que cada célula (ou setor) tem direito ao uso exclusivo de um sub-conjunto dos canais reservados para *handoff*, ou seja, um esquema de alocação fixa é empregado para designar os canais de guarda para as diferentes células. Neste trabalho um enfoque diferente é adotado. Um método particular de alocação dinâmica de canais, conhecido por segregação de canais [2], é empregado para permitir que cada célula individualmente tenha acesso a todo o conjunto de canais de guarda existentes no sistema. Um esquema de prioridades dinâmicas implementado de forma distribuída em cada célula indicará qual o melhor canal a ser escolhido a cada instante. Será mostrado que a redução no valor da probabilidade de falha de *handoff* propiciado pelo esquema proposto (SGC) é muito significativa, sem que o valor da probabilidade de bloqueio de novas chamadas seja afetado. Este resultado favorável foi obtido para diferentes níveis de tráfego de entrada e também para diversas configurações de velocidade dos usuários. Portanto a qualidade de serviço (QoS) oferecida ao usuários é objeto de grande melhora quando os canais de guarda são alocados dinamicamente.

Observe-se que a importância do estudo de controle de admissão e do uso cada vez mais eficiente dos recursos de rádio existentes continuará a ser muito grande, mesmo quando o tráfego de dados crescer. Embora os pacotes de dados recebidos dos níveis superiores sejam mais curtos que a duração média de uma conexão de voz, eles são ainda consideravelmente mais longos que os quadros empregados na camada física da interface aérea. Por outro lado o retardo na designação dos canais se torna mais crítico para o tráfego de dados conforme demonstrado em [3]. A técnica de segregação de canais tem como uma de suas características permitir uma rápida designação do recurso de rádio já que os canais são mantidos ordenados de acordo com a

probabilidade de sucesso no uso dos mesmos.

Na próxima Seção a técnica de segregação de canais é descrita de forma sucinta. O novo esquema de compartilhamento dos canais de guarda é explicado na Seção III. A seguir, na Seção IV, é descrito o ambiente de simulação empregado para obter resultados numéricos. Ainda na Seção IV é apresentada uma análise comparativa dos desempenhos da técnica hoje empregada e da nova proposta. Finalmente conclusões e comentários sobre o próximo passo que deve ser seguido neste estudo são apresentados na Seção VI.

II. O MÉTODO DA SEGREGAÇÃO DE CANAIS (CS)

A técnica de segregação de canais é um método dinâmico e distribuído de alocação de recursos (ou canais) e que foi originalmente descrito em [2]. Este procedimento permite que cada célula (ou setor) apreenda independentemente o padrão de uso local dos diversos canais do sistema e escolha o seu grupo favorito de recursos de rádio. No entanto este grupo favorito de canais irá se alterar se o padrão de tráfego nesta célula ou em suas vizinhas sofrer variações. A filosofia do CS permite que, em princípio, cada célula possa fazer uso de todos os N canais existentes na rede. No entanto, considerações de custo restringem o número de transmissores existentes em cada célula (ou setor) a um número R de transmissores, que em geral é bastante inferior a N . Desta forma o número de canais simultaneamente em uso por uma determinada célula não poderá ser superior a R .

Durante a implementação do CS cada célula deverá ordenar o conjunto de N canais de acordo com prioridades dinâmicas. O princípio adotado no CS é que sempre que houver uma tentativa de usar um canal e o nível de interferência estiver muito alto então a prioridade deste canal deve ser diminuída. Se por outro lado esse canal puder ser utilizado com sucesso por uma chamada, ou seja puder ser designado para uma chamada, sua prioridade deve ser aumentada. Se quando houver uma solicitação por recursos não houver transmissores disponíveis, a prioridade do canal de prioridade mais alta deve ser também diminuída. O detalhe de como o valor das prioridades deve ser variado tem sido objeto de propostas distintas na literatura. Na proposta original do CS a prioridade do canal j no instante i , $p_j(i)$, após a tentativa de uso deste recurso, é atualizada da seguinte forma:

- i) Se o canal j não apresentar o nível de qualidade requerido para estabelecer uma chamada ou o não houver transmissores disponíveis então faça:

$$p_j(i) = p_j(i-1) * (n_j - 1) / n_j, \quad (1a)$$
 onde n_j é o de vezes que o canal j foi considerado para designação até o instante i .
- ii) Se o canal j for utilizado com sucesso então:

$$p_j(i) = [1 + p_j(i-1) * (n_j - 1)] / n_j. \quad (1b)$$

Alguns pesquisadores têm utilizado um mecanismo de janela deslizante para limitar o efeito de decisões passadas no cálculo dos valores atuais da prioridade. Isso também faz que, com o passar do tempo e o resultante crescimento dos valores de n_j , os valores de prioridade passem a ter alterações muito pequenas. Outros trabalhos, como por exemplo em [4], fizeram uso de procedimentos mais simples para o cálculo das prioridades. Neste trabalho escolhemos usar o método original para este cálculo, já que qualquer melhoria adicional obtida com a escolha de um esquema mais eficiente de avaliação de prioridades só fará tornar o procedimento aqui proposto, e descrito na próxima Seção, ainda mais atraente.

A eficácia da técnica de segregação de canais no aumento da capacidade de uma rede celular já foi demonstrada em diversos artigos [2],[5],[6], que consideram diferentes cenários incluindo hierarquização de células e esquemas híbridos de alocação.

III. A ESTRATÉGIA PROPOSTA

Conforme já mencionado, o uso de canais de guarda para implementar um esquema de prioridades para chamadas de *handoff* já foi tópico de um grande número de artigos. Em sua maioria, no entanto, consideram o conjunto de canais de guarda disponível para cada célula é fixo. É raro encontrar um trabalho que explore a combinação do uso de canais de guarda com o emprego de alocação dinâmica de canais. Também é raro encontrar um artigo que combine DCA com estratégias de *handoff*.

O modelo mais comum para a técnica de canais de guarda separa os N_c canais disponíveis na célula c em dois grupos: O_c canais ordinários e $G_c = (N_c - O_c)$ canais de guarda. Enquanto houver canais ordinários disponíveis, as chamadas novas e em *handoff* competem por estes canais em igualdade de condições. Quando não existem mais canais ordinários disponíveis apenas as chamadas em *handoff* podem utilizar os restantes G_c canais. Portanto a probabilidade do bloqueio de chamadas em *handoff* é a probabilidade de haver N_c canais em uso, $P(N_c)$. Já a probabilidade de bloqueio para novas chamadas é dada por:

$$P_B = P(n_c \geq O_c), \quad (2)$$

onde n_c é o número de usuários na célula c . Desta forma a forma como os canais de guarda são organizados não altera o valor da probabilidade de bloqueio.

Em uma rede em que é usada segregação de canais todos os canais ordinários definidos no sistema estão disponíveis para todas as células. Seja esse número igual a O . Aqui propõe-se que o conjunto restante de $G = N - O$ canais também seja compartilhado por todas as células e designado através do uso de segregação de canais sobre esse segundo conjunto de canais, ou seja sobre o total de recursos reservados para canais de guarda. Ou seja, cada célula deverá aplicar separadamente em cada um dos conjuntos de P e G canais o

método de segregação de canais. Portanto os dois esquemas cujos desempenhos são analisado na próxima Seção são:

FGC (Canais de Guarda Fixos):

- i) O número de canais ordinários disponíveis para célula i é $O_i \leq O$ com $n_{oi} \leq R_i$, - G_i sendo R_i o número de transmissores disponíveis na célula i e n_{oi} o número de canais ordinários efetivamente em uso nesta célula. O algoritmo de segregação de canais é empregado em cada célula para selecionar, a cada instante o melhor canal para atender uma determinada demanda, que pode ser proveniente de uma chamada nova ou de uma tentativa de *handoff*;
- ii) Cada célula detem o uso privativo de G_i canais de guarda, com $G_i \leq R_i$. O valor de $G_i = G/F$ é fixo e pode ser alterado apenas através de um novo planejamento para o conjunto de canais de guarda. O parâmetro F define o tamanho do cluster empregado para estes canais.

SGC (Canais de Guarda Segregados):

- i) Idêntico à parte (i) do FGC;
- ii) O conjunto G de canais de guarda fica disponível globalmente para uso por qualquer célula da rede., cada uma delas independentemente estabelecendo sua ordem de prioridade para uso dos mesmos., segundo o método CS. Portanto, o número de canais de guarda disponível para a célula i , G_i , varia no tempo, sendo determinado pelo padrão de interferência e níveis de tráfego nas células vizinhas a cada instante. O valor de G_i deve obedecer $G_i \leq G$ e deve ainda ser verdade que $n_i \leq R_i$.

A referência [7] descreve um trabalho semelhante ao aqui apresentado, no entanto nesta referência o método de alocação de canais considerado foi outro, onde as prioridades dos canais são estáticas. Na verdade a técnica em [7] pode fornecer uma excelente solução inicial para a operação do método de segregação de canais. Um segundo trabalho que considera o efeito da ordenação dos canais de guarda pode ser encontrado em [8]. Neste artigo é apresentada uma análise teórica do ganho obtido com uso de canais de guarda. No entanto, em [8] o método de alocação dinâmica é baseado em empréstimos e não foi calculado o ganho obtido com a ordenação dos canais de guarda.

Na próxima Seção são apresentados resultados numéricos relativos à melhoria de desempenho obtido com a adoção da estratégia aqui proposta.

IV. ANÁLISE DO DESEMPENHO

Os resultados que serão descritos nesta Seção foram obtidos através de uma simulação baseada em eventos discretos. A topologia da rede celular contém 49 células que são circundadas por 84 células virtuais resultando em uma geometria toroidal que permite que o conhecido efeito de borda seja evitado. A potência de transmissão foi dimensionada para que as células tenham um raio de aproximadamente 1 Km. As antenas são omnidirecionais e o número total de canais no sistema é 147. Os terminais se movem a uma velocidade constante durante uma chamada existindo duas classes de usuários: pedestres e veiculares. A velocidade dos usuários veiculares é modelada por uma variável aleatória Gaussiana truncada em 0 e 80 Km/h. A média e o desvio padrão dessa distribuição são iguais a 40Km/h e 10 Km/h, respectivamente. Já os terminais pedestres têm a sua velocidade uniformemente distribuída entre 2,5 e 5 Km/h. A direção de movimento de cada usuário pode ser mudada a cada 3 minutos de tempo de simulação. Existem quatro ângulos de direção, igualmente prováveis, que podem ser escolhidos em cada um destes instantes, a saber: 0, 90, 180 e 270 graus. As chamadas são geradas de acordo com um processo de Poisson e a usual hipótese de uma distribuição exponencial para a duração de uma chamada é também aqui adotada. Os resultados de desempenho foram obtidos para níveis de tráfego por célula (γ) que variaram entre 11E e 23 E, representando assim situações que variaram de um tráfego modesto até níveis de carregamento muito altos [9]. O modelo de propagação utilizado representa um cenário urbano com o coeficiente de perda igual a 3,84 e uma componente de desvanecimento plano com desvio padrão de 8 dB. As antenas das estações rádio-base e dos terminais situam-se a 20m e 1,5m de altura, respectivamente. Tres diferentes limiares de C/I foram definidos para controlar o processo de admissão de chamadas e também o de *handoff*. O limiar mais alto estabelece o padrão para aceitação de novas chamadas. O limiar intermediário indica o momento que o terminal deve solicitar um *handoff*. Quando o valor de C/I fica inferior ao limiar mais baixo a chamada deve sofrer terminação forçada.

Vale a pena lembrar que para as duas estratégias simuladas, e que foram descritas na Seção anterior, os P canais ordinários são designados dinamicamente empregando o método de segregação de canais (CS). No primeiro esquema, FGC se, por exemplo, existem $G=21$ canais de guarda no sistema então cada célula terá direito exclusivo de uso sobre 3 canais de guarda. Na nova estratégia (SGC), o conjunto de G canais de guarda fica disponível globalmente para uso por qualquer célula. Para que haja a comparação de configurações equivalentes, apenas valores de G múltiplos de 7 foram considerados.

A Figura 1 mostra o desempenho de ambas estratégias em termos de probabilidade de falha de *handoff* (P_{HF}) para diversos valores de G e dois níveis de tráfego para uma igual proporção de pedestres e veículos. O nível de tráfego de 13E corresponde a um tráfego médio enquanto que o

carregamento $\gamma = 21$ E representa uma situação de tráfego alto. A melhoria propiciada pelo uso da designação dinâmica dos canais de guarda é claramente perceptível. Considerando, por exemplo, a configuração com $G=21$ e $\gamma=21E$, uma redução de 50% no valor de P_{HF} é alcançada. A melhoria passa a ser de 60% se for considerado o nível $\gamma = 13E$. Observe-se que para $G=14$ e mantendo $\gamma = 13E$, o uso de canais de guarda segregados permite reduzir o valor de P_{HF} de um patamar razoavelmente alto de 12,5% para o nível aceitável operacionalmente de 5%. Note que quando $G=14$ ainda existem disponíveis 133 canais ordinários (~90% do total de canais N), o que é suficiente para garantir um bom desempenho no bloqueio de novas chamadas. Para esta configuração o valor de P_B obtido da simulação foi de 0,8%.

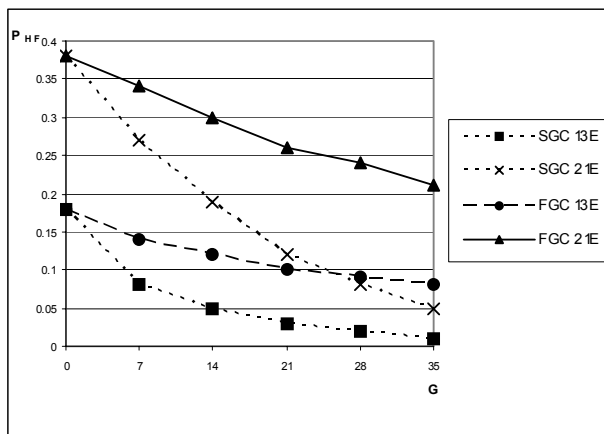


Figura 1 – Probabilidade de falha de *handoff* vs. número de canais de guarda para dois níveis de carregamento de tráfego (13E and 21E).

Maiores detalhes sobre o comportamento relativo dos dois esquemas em consideração podem ser obtidos das Figuras 2 e 3. Nestas figuras os desempenhos do FGC e do SGC são apresentados para um valor fixo de G ($G=21$) e um tráfego de entrada variável (entre 13 e 21 E). A Fig.2 indica que tanto o FGC quanto o SGC oferecem um bom desempenho em termos de P_B , inclusive para níveis de tráfego bastante altos. Esta figura também demonstra que a ferramenta de simulação funcionou a contento já que forneceu, como era esperado, valores de probabilidade de bloqueio praticamente idênticos para os dois métodos.

Já a Figura 3 enfatiza a melhoria dramática no valor da probabilidade de falha de *handoff* propiciada pelo SGC, melhoria esta que aumenta com o carregamento de tráfego. O aumento alcançado em termos de capacidade é de 4E por célula, cerca de 30%, se fixarmos o valor de P_{HF} desejado em 7%. Se o valor tolerado de P_{HF} puder ser feito igual a 10%, o ganho de capacidade fornecido pelo SGC aumenta para 6E, o que corresponde a uma melhoria próxima de 40%.

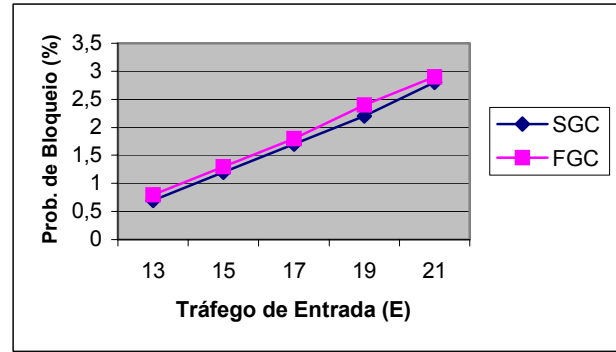


Figura 2 – Probabilidade de Bloqueio vs tráfego de entrada para SGC e FGC. $G=21$.

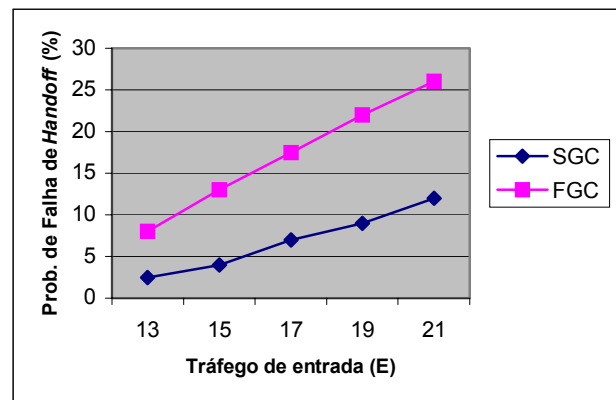


Figura 3 – Probabilidade de terminação forçada vs. tráfego de entrada para 21 canais de guarda no sistema.

A seguir é investigado o comportamento dos dois métodos quando é variado o percentual de pedestres (e conseqüentemente também o de terminais veiculares). O resultado desta análise é ilustrado nas Figuras 4 e 5 para um nível de tráfego de $\gamma = 13E$. A melhoria alcançada pelo SGC (Figura 4) é novamente bastante visível para todos os cenários considerados. Observando inicialmente as curvas para $G=14$ fica claro que o SGC propicia reduções nos valores de P_{HF} que se encontram no intervalo entre 40 e 60% com relação ao desempenho do FGC (Figura 5) para todas as configurações de pedestres-veículos. Em verdade a diferença entre o comportamento dos dois métodos, assim como foi evidenciado na Figura 1, aumenta quando existe um número maior de canais de guarda o que permite uma maior flexibilidade ao algoritmo de segregação de canais. As diferenças de desempenho também aumentaram com o aumento da intensidade de tráfego.

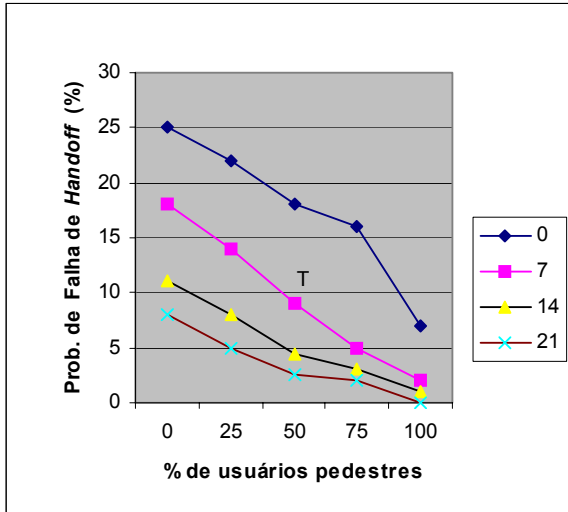


Figura 4 – SGC: Probabilidade de terminação forçada vs. porcentagem de usuários pedestres para diferentes totais de canais de guarda no sistema. Tráfego de entrada: 13 E.

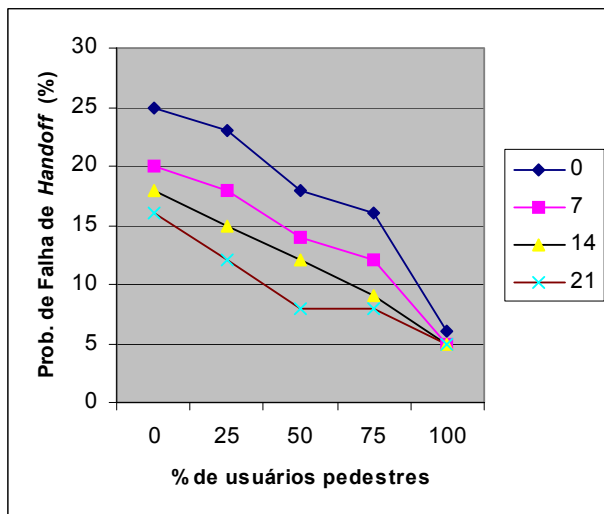


Figura 5 – FGC: Probabilidade de terminação forçada vs. porcentagem de usuários pedestres para diferentes totais de canais de guarda no sistema. Tráfego de entrada: 13 E.

V. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi mostrado que o uso do método de segregação de canais para permitir o compartilhamento do conjunto de canais de guarda, e também ordená-los em cada célula, propicia uma melhoria substancial da probabilidade de falha de *handoff* sem que haja aumento na probabilidade bloqueio de novas chamadas. Esse comportamento superior, que inegavelmente permitirá uma real melhoria na qualidade de serviço percebida pelo usuário, foi observado para diferentes carregamentos de tráfego e de valores da proporção entre pedestres e terminais veiculares. Note-se que a melhoria de desempenho se verificará independentemente do fato de a alocação dinâmica estar sendo usada no conjunto de canais

ordinários. A vantagem do método aqui proposto (SGC) é de grande utilidade em ambientes micro-celulares, onde o número de solicitações de *handoff* é alto, e também em situações onde a terminação forçada da conexão forçará que a transação em andamento seja reinicializada com significativo acréscimo de retardo. Melhoria adicional em termos de eficiência poderá ser obtida se for possível ajustar o número de canais de tráfego dinamicamente [10] de acordo com as variações de tráfego.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam agradecer a grande contribuição dada pelo Eng. Vicente Linhares Barsted, atualmente na Intelig, no desenvolvimento da ferramenta de simulação.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] N. D. Tripathi, J. H. Reed, e H. F. VanLandingham, "Handoff in cellular systems," *IEEE Personal Communications*, vol. 5, pp. 26 - 37, Dezembro de 1998.
- [2] Y. Furuya, e Y. Akaiwa, *Channel Segregation, adistributed adaptive channel allocation scheme for mobile communication systems*, IEICE Trans., vol.74, pp.1531-1537, Junho de 1991.
- [3] M.Cheng e L.F. Chang, *Wireless Dynamic Channel Assignment Performance under Packet Data Traffic*, *IEEE J. on Selected Areas on Commun.*, vol.17, pp.1257 – 1269, Julho de 1999.
- [4] J.C.-I. Chuang e N.R. Sollenberger, *Spectrum Resource Allocation for Wireless Packet Access with Application to Advanced Cellular Internet Service*, *IEEE J. on Selected Areas on Commun.*, vol.16, pp.820 – 829, Agosto de 1998.
- [5] P.J Smith., M. Shafi e A. Tokeley, *On the effectiveness of channel segregation as a channel allocation method in a variety of cellular structures*, *IEEE Trans. on Vehicular Tech.*, vol.46, no.6, pp. 2234 – 2243, 2000.
- [6] J. Roberto B. de Marca e Leonardo C. Mello, *Considerations on the Performance of a Hybrid Resource Allocation Scheme*, *Records, 11th Intl. Conf. on Telecommunications – ICT'2004*, Fortaleza, Agosto de 2004.
- [7] E. Del Re, R. Fantacci e G. Giambene, *Performance evaluation of different resource management strategies in mobile cellular networks*, *Telecommunication Systems*, vol.12, pp. 315 – 340, 1999.
- [8] Z.H.Zheng e W.H. Lam, *Analytical methods to calculate performance of handoff prioritization in dynamic channel assignment*, *Electronics Letters*, vol.37, pp.978 – 979, Julho de 2001
- [9] L. B. Priolli, *Alocação Dinâmica de Canais com Prioridade para Handoffs*, Tese de Mestrado, DEE – PUC/Rio, Dezembro 1999.
- [10] K. C. Chua e Y. S. Choo., *Probabilistic channel reservation scheme for mobile pico/microcellular networks*, *IEEE Comm. Letters*, vol.2, no.7, pp. 196-196, 1998.