

Controle de Admissão de Chamadas e de Fluxo Fuzzy com Tráfego Multi-Classes para Ambientes de Redes Sem Fio 3G

Ana Gloria M. Chipana, Jeferson Wilian de Godoy Stênico, Lee Luan Ling

Resumo - Este trabalho propõe um esquema de controle de admissão de chamada *fuzzy* que opera em conjunto com uma estratégia de controle de fluxo *fuzzy*, ambos implementados em uma interface aérea das rede sem fio 3G trabalhando com tráfego multi-classe. O esquema de controle de admissão de chamadas *fuzzy* aceita ou rejeita o requerimento de uma nova de chamada, considerando a prioridade da classe de tráfego e os recursos de interconexão das redes 3G, sempre que o enlace de saída tenha largura de banda suficiente para este fim. Devido às suas propriedades *fuzzy*, o esquema proposto é considerado como uma estratégia de bloqueio-gradual. As chamadas de menor prioridade são sempre as primeiras a serem bloqueadas se a largura de banda atual disponível não é suficiente. O controle de fluxo *fuzzy* reduz a taxa de transmissão dos usuários ativos, e como consequência, a largura de banda efetiva disponível aumenta. Dessa forma, podemos alcançar um uso mais eficiente dos recursos do sistema incrementando o número médio de usuários ativos. O esquema proposto foi implementado no software MATLAB, utilizando a *toolbox fuzzy logic*. Os resultados das simulações mostram que o esquema de controle de admissão proposto garante o uso eficiente dos recursos da interface aérea e atinge menor probabilidade de bloqueio de chamadas do que o esquema (CAC-FC) proposto em [1].

Palavras-Chave - CAC, Controle de Fluxos, Lógica Fuzzy, Tráfego Multi-Classes

Abstract — This paper proposes a fuzzy call admission control scheme that operates in conjunction with a fuzzy flow control strategy, both implemented in the corresponding air interface for 3G wireless network dealing with multi-class traffic traces. The fuzzy call admission control scheme accepts a request of new call considering its class priority and the 3G network interconnection resources, whenever the output link has enough bandwidth for this end. Due to its fuzzy properties, the controlling method is viewed as a soft-blocking strategy. Lower priority calls are always blocked first if the current available bandwidth is not enough. The fuzzy flow control reduces the transmission rate of active users, and as consequence, increases available effective bandwidth. Therefore, more efficient use of system transmission resource can be achieved by increasing average number of active users. The proposed scheme was implemented in MATLAB using the fuzzy logic toolbox. The simulation results show that the proposed call admission control scheme guarantees efficient use of the air interface resource and achieves lower call blocking probability than the CAC-FC scheme proposed in [1].

Keywords — CAC, Flow Control, Fuzzy Logic, Multi-Class Traffic.

I. INTRODUÇÃO

Neste trabalho, propomos um esquema de controle de admissão de chamada *fuzzy*, que denotaremos por (CACF), que opera em conjunto com uma estratégia de controle de fluxo *fuzzy*, denotado por (CFF), ambos implementados na interface aérea das redes sem fio 3G, trabalhando com tráfego multi-classe. Na literatura existem alguns trabalhos semelhantes ao nosso, por exemplo, dentre eles podemos citar: [2], [3] e [4].

Geralmente, o uso do controle *fuzzy* exige menos precisão e formalismo matemático para o controle do processo. Em vez disso, ele usa a experiência e o conhecimento de profissionais envolvidos no projeto para a construção da base de regras de controlador *fuzzy*.

A lógica *fuzzy* tem provado ser uma ferramenta poderosa em sistemas de controle de admissão de chamadas, como visto em [5] e [6]. O regime de CACF tem o objetivo de aceitar ou rejeitar uma chamada, levando em consideração a prioridade de cada classe de tráfego e do nível da carga do sistema em termos da largura de banda efetiva média total (BEMT) na interface aérea. As chamadas de menor prioridade serão as primeiras a serem bloqueadas de modo a reduzir a probabilidade de bloqueio de chamadas de maior prioridade. Devido às suas propriedades *fuzzy*, o método de controle pode ser visto como uma estratégia de bloqueio-gradual.

A estratégia CFF tem o objetivo de assegurar a boa qualidade de serviço (QoS) para chamadas com maior prioridade, reduzindo as taxas de transmissões dos usuários de menor prioridade, e como consequência, capaz de aumentar a banda efetiva total disponível para a transmissão na interface aérea.

O esquema proposto foi programado e simulado usando MATLAB com a *toolbox fuzzy logic*. Os resultados das simulações mostraram que o esquema proposto apresenta uma menor probabilidade de bloqueio de chamadas e assim como também observou-se um eficiente uso dos recursos do sistema através do incremento do número médio de usuários ativos.

Nós comparamos os nossos resultados com os resultados do controle de admissão de chamadas e controle de fluxo (CAC-CF) proposto em [1].

Este artigo está organizado da seguinte forma: Na Seção II descrevemos os modelos de classes de tráfego. Na Seção III apresentamos o esquema de CACF-CFF em um diagrama de

blocos funcional, os resultados simulados são apresentados na Seção IV e as nossas conclusões são dadas na Seção V.

II. MODELO DE TRÁFEGO E CLASSES

Neste Trabalho nós consideramos três classes de tráfego de entrada, sendo modelados através de processos markovianos de dois estados.

Nós denominamos estes tráfegos como: Classe A, Classe B e Classe C, a diferença entre eles são especificadas por seus fatores de atividades (FA) correspondentes, variando com as classes de tráfego. Um fator de atividade (FA) pode ser estimado a partir do fluxo de tráfego de entrada, da seguinte maneira:

$$FA = \frac{T_{Ativo}}{T_{Ativo} + T_{Silêncio}} \quad (1)$$

onde T_{Ativo} é o tempo de transmissão média (com dados disponíveis) e $T_{Silêncio}$ é o tempo médio de silêncio (ausência de dados).

O tráfego de Classe A (correspondente a vídeo) tem a prioridade mais alta de admissão, em relação às outras classes e exige sempre altas taxas de transmissões. O tráfego de Classe B (correspondente a voz) tem uma prioridade secundária, no entanto, mais elevada em relação à terceira Classe C (correspondente a dados) tendo a mais baixa prioridade. As chamadas são geradas aleatoriamente com as seguintes proporções: α_A , β_B e γ_C para a classe A, B e C, respectivamente, com: $\alpha_A + \beta_B + \gamma_C = 100\%$. Neste trabalho cada tipo de tráfego é caracterizado por uma prioridade particular de admissão, parâmetros do tráfego, e requisitos de QoS de conexão.

III. ESQUEMA DO CACF-CFF

Nesta seção, vamos mostrar como os recursos do sistema são utilizados de forma eficiente na interface aérea para o nosso sistema de multi-classe.

A proposta do CACF-CFF pode ser vista como um sistema combinado envolvendo simultaneamente algoritmo de agendamento de largura de banda efetiva [7], controle de admissão de chamadas para um multi-sistema com limiares diferenciação de classe [8], e controle de admissão de chamadas *fuzzy* com prioridade [9].

O CACF e CFF são os elementos principais da proposta do esquema de admissão de chamada *Fuzzy* com prioridade e seus elementos básicos são exibidos na Figura 1. Os elementos do esquema proposto são: (a) Estimador de Recursos, (b) Controlador de Admissão de Chamada *Fuzzy* (CACF) e (c) Controlador de Fluxo *Fuzzy* (CFF).

Quando uma estação móvel faz a solicitação de uma conexão, primeiro a largura de banda efetiva do sistema é estimada. A aceitação ou rejeição do pedido de uma conexão baseia-se na condição de que a largura de banda efetiva disponível estimada seja capaz de assegurar a exigência de QoS da chamadas em andamento. Além disso, pelas regras que controlam nosso sistema, uma nova chamada de maior prioridade deve ser admitida primeira, sempre que a largura de banda efetiva atual, não seja abundante.

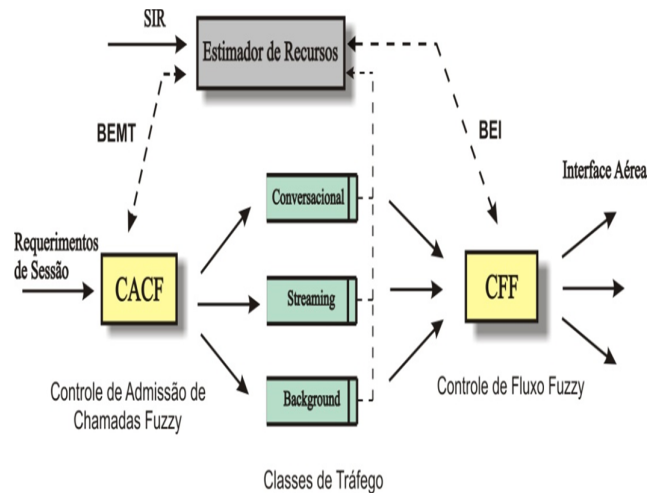


Fig. 1. Diagrama de Bloco do Esquema CACF-CFF

a. Estimador de Recursos

A largura de banda efetiva disponível é fornecida pelo estimador de recursos. A largura de banda efetiva (BE) é uma função da taxa da transmissão do sistema e da taxa Sinal/Ruído (SIR) requerida.

A largura de banda efetiva média total (BEMT) é a soma da largura de banda efetiva média do buffer e da largura de banda efetiva média utilizada na interface aérea.

Por outro lado, a largura de banda efetiva instantânea (BEI) é a largura de banda efetiva usada na interface aérea em cada instante de transmissão dada por [7]:

$$BEI = \sum_{c \in \{A, B, C\}} \sum_{j=1}^{N_c} I(c, j, t) r(c, j, t) SIR(c, j, t) \quad (2)$$

onde

- N_c : Número Total de Usuários nas Classes $c \in \{A, B, C\}$.
- $r(c, j, t)$: Taxa de transmissão atual de dados do usuário j na classe c . O tempo é variável e é atualizado a cada período de tempo
- $SIR(c, j, t)$: Requisito SIR de j usuários na classe c no tempo t .
- $I(c, j, t)$: Função indicadora para j usuários na classe c no tempo t . Será igual a 1, se a transmissão do usuário estiver ativa, caso contrário é igual a 0.

b. Controle de Admissão de Chamadas Fuzzy (CACF)

O bloco de CACF tem as seguintes variáveis de entrada: largura de banda efetiva média total do sistema e classes do tráfego. A saída do CACF é uma única variável de decisão D.

As variáveis de entrada estão representadas por conjuntos *fuzzy* e seus respectivos termos linguísticos associados a eles, $L = \{P, PM, M, MG, G, SG\}$ e $S = \{A, B, C\}$, e os termos linguísticos para a variável de saída são $D = \{Ac, Re\}$. As variáveis linguísticas são referidas como: P-Pequeno, PMPequeno Medio, M-Medio, MG-Medio Grande, G-Grande, SG-Super Grande, Ac-Aceitado e Re-Rejeitado.

Utilizamos funções de pertinência triangulares e trapezoidais, por serem adequadas para operações em tempo

real. Estas funções de pertinência são apresentadas na Figura 2 e Figura 3. Estes conjuntos *fuzzy* estão definidos no intervalo fechado [0.6,1.2] e [-0.5,2.5] para o BEMT e Classe, respectivamente.

A saída do CACF é um sinal binário, 1 ou 0 que representa a aceitação ou rejeição da nova chamada. A Tabela I mostra a base de regras implementadas pelo CACF proposto. Podemos também observar na Figura 4 a relação não linear entre as entradas e as saídas.

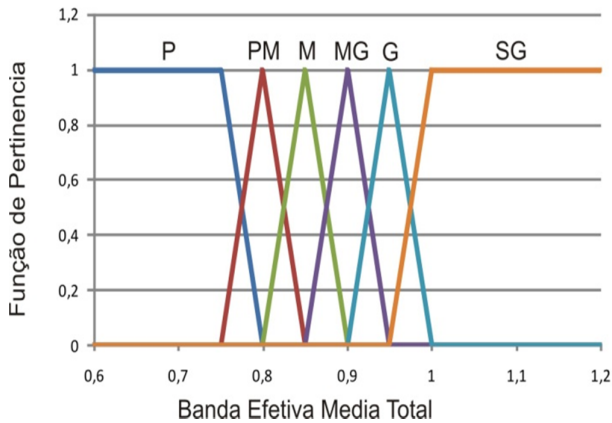


Fig. 2. Função de Pertinência da Entrada BEMT

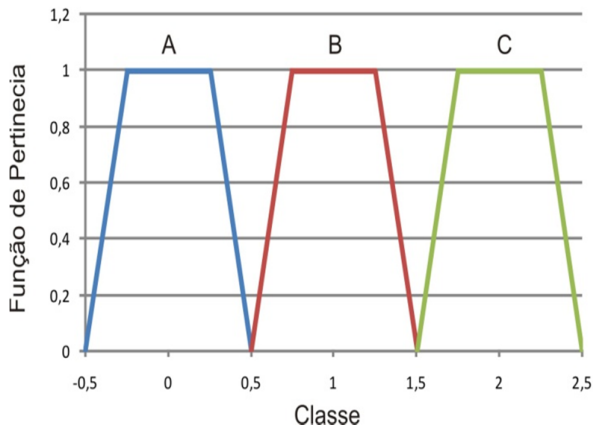


Fig. 3. Função de Pertinência da Entrada Classe.

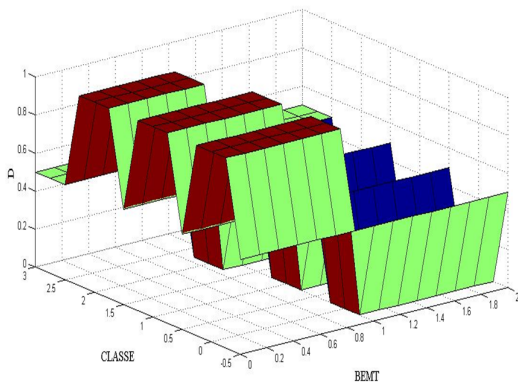


Fig. 4. Superfície de Controle para o CACF

O controle de admissão de chamada *fuzzy* está baseado no modelo *fuzzy* Takagi-Sugeno [10] e o método da média ponderada é usado para defuzzificação [11]. A admissão ou rejeição da nova chamada é determinada pelas regras da forma:

$$Rx: \text{se LBET é } L \text{ e Classe é } S \text{ então Saida é } D.$$

Onde:

- $L = \{P, PM, M, MG, G, SG\}$
- $S = \{A, B, C\}$
- $D = \{1,0\} = \{Ac, Re\}$

TABELA I REGRAS BASES PARA CACF.

CLASSE/BEMT	P	PM	M	MG	G	SG
A	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Re
B	Ac	Ac	Ac	Ac	Re	Re
C	Ac	Ac	Re	Re	Re	Re

c. Controle de Fluxo Fuzzy (CFF)

Este módulo de controle tem com entrada a largura de banda efetiva instantânea e como saída uma variável de decisão D2. Os termos linguísticos da entrada e saída são BEI = {P, PM, M, MG, G, SG} e D2 = {Total, Médio, Baixo, Zero}, respectivamente. Estas variáveis linguísticas são referidas como: P-Pequeno, PM-Pequeno Medio, M-Medio, MG-Medio Grande, G-Grande e SG-Super Grande.

A Figura 5 mostra as funções de pertinência (FP) para a entrada e tem as seguintes formas geométricas: formas triangulares com 50% de sobreposição entre elas para os conjuntos PM, M, MG e G e formatos trapezoidais para P e SG, estes conjuntos *fuzzy* são definidos no intervalo fechado [0, 2]. A saída do CFF é um valor numérico determinado através da defuzzificação utilizando o método de média ponderada.

A Tabela II mostra a base de regras implementadas pelo CFF proposto.

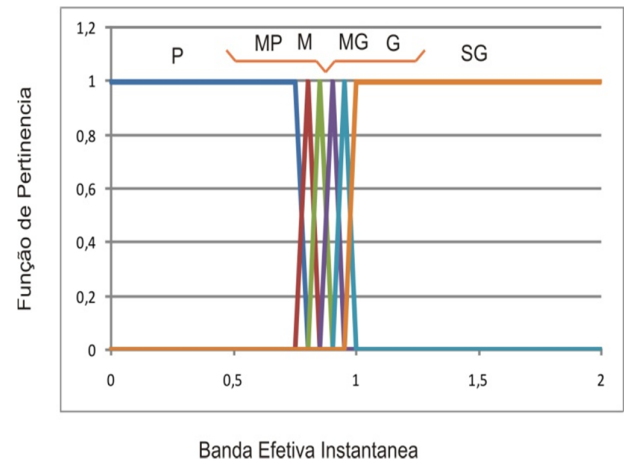


Fig. 5. Função de Pertinência da Entrada BEI.

TABELA II REGRAS BASES PARA CFF.

BEI	D2
P	Total
PM	Médio
M	Médio
MG	Baixo
G	Zero
SG	Zero

IV. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Nesta seção descreveremos os nossos testes experimentais e apresentamos os resultados obtidos nas simulações. O esquema proposto foi programado e simulado usando Matlab com a *toolbox fuzzy logic*.

Para isso nós utilizamos um sistema CDMA nas nossas investigações, com um link inverso de largura de banda igual a $W = 3,75$ MHz, cada chamada tem uma probabilidade fixa de Classe A: $\alpha = 15\%$, Classe B: $\beta = 40\%$, e Classe C: $\gamma = 45\%$, para ser voz, vídeo e chamada de dados, respectivamente.

A Tabela III relaciona os valores dos parâmetros de tráfego (T_{Ativo} , $T_{Silêncio}$) adotados para as classes de tráfego do modelo de markov. Em outras palavras, as durações das chamadas seguem uma distribuição exponencial.

TABELA III FATOR DE ATIVIDADE

	T_{Ativo} (seg)	$T_{Silêncio}$ (seg)
Classe A	1	3
Classe B	1	4
Classe C	1	5

As Figuras 6, 7 e 8 mostram as probabilidade de bloqueio de chamadas em relação à taxa de chegada (λ) medida para as três classes de chamadas com prioridade Classe A, Classe B e Classe C, respectivamente. Na Figura 6 observa-se claramente que as chamadas com alta prioridade (Classe A) tenham sua probabilidade de bloqueio, reduzida consideravelmente em comparação com o esquema CAC-CF proposto em [1]. (Figura 6)

As Figuras 7 e 8 mostram que a probabilidade de bloqueio para as Classes B e C apresentam resultados um pouco melhor em relação ao nosso método proposto.

A Figura 9 compara os dois controles abordados (CAC-CFF e CAC-CF) em termos de suas probabilidades de bloqueio total. A Tabela IV mostra a comparação numérica para a taxa de chegada $\lambda = 0,25$.

TABELA IV PROBABILIDADE DE BLOQUEIO PARA $\lambda = 0,25$

	Classe A	Classe B	Classe C	TOTAL
CAC-CF	8,40	14,75	57,05	33,58
CAC-CFF	0,76	14,75	51,47	29,95

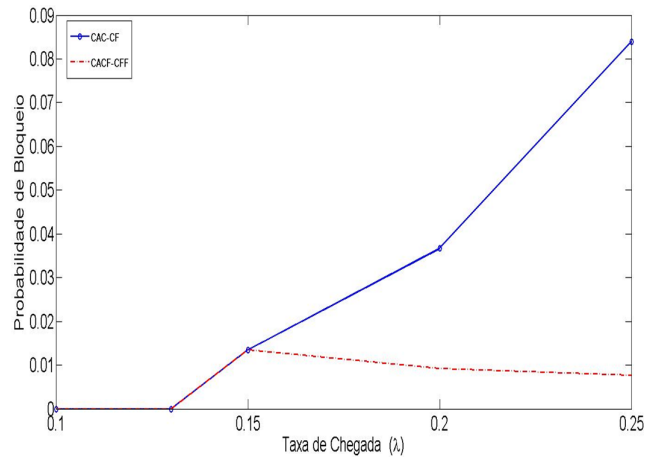


Fig. 6. Probabilidade de Bloqueio para a Classe A.

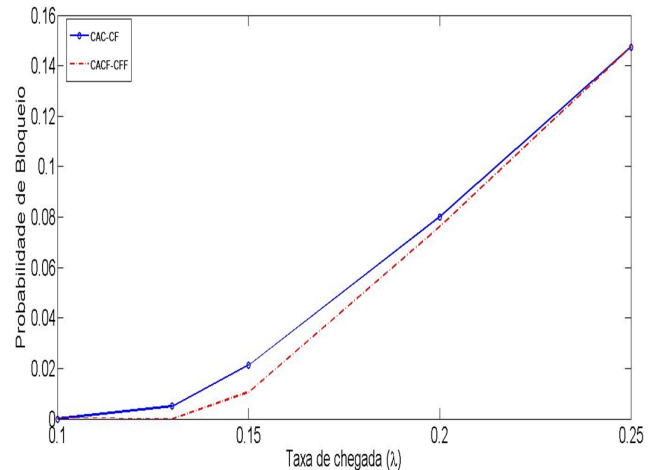


Fig. 7. Probabilidade de Bloqueio para a Classe B.

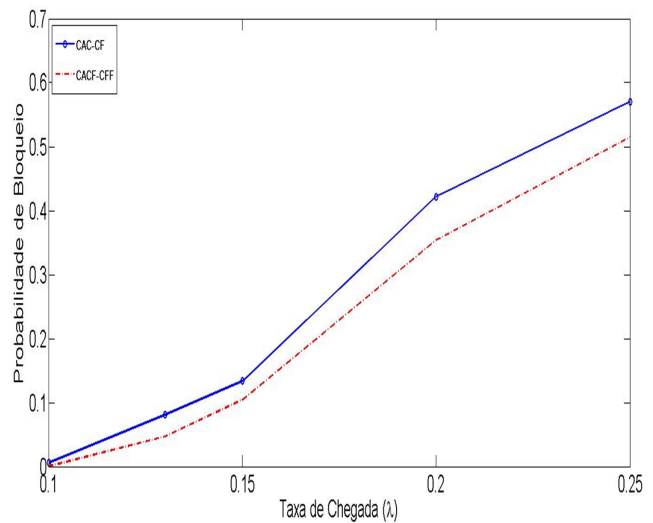


Fig. 8. Probabilidade de Bloqueio para a Classe C.

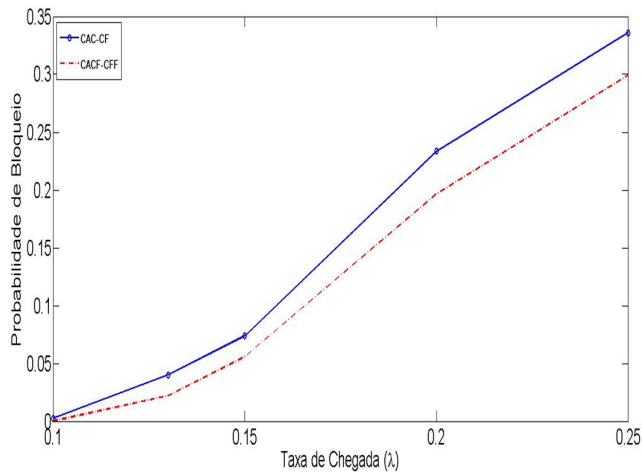


Fig. 9. Probabilidade de Bloqueio Total.

V. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi proposto um esquema de controle de admissão de chamadas *fuzzy* que trabalha em conjunto com um esquema de controle de fluxo *fuzzy* (CACF-CFF) ambos são implementados na interface aérea para o ambiente de rede sem fio 3G trabalhando com tráfego multi-classe. Os resultados das simulações comprovam que o esquema proposto garante um uso eficiente dos recursos da interface aérea e atinge menor probabilidade de bloqueio de chamadas do que o esquema CAC-FC, proposto em [1].

O esquema de controle de admissão de chamadas *fuzzy* aceita uma chamada, considerando a prioridade de classe e os recursos de interconexão da rede 3G, sempre que o enlace de saída possua largura de banda suficiente para esse fim. A estratégia de CFF tem o objetivo de garantir QoS para chamadas de maior prioridade, e deste modo reduzir a taxa de transmissão dos usuários de menor prioridade, e como consequência, capaz de aumentar a largura de banda efetiva total disponível na interface aérea para a transmissão.

Para efeito de comparação, nós avaliamos o esquema CACF-CFF proposto com o CAC-CF proposto em [1], em termos de probabilidade de bloqueio. Os resultados das simulações mostram claramente que o esquema proposto apresenta melhores resultados em relação ao CAC-CF.

Para trabalhos futuros, devemos investigar e testar outros tipos de tráfego, não apenas os modelados por processos Markovianos. Esta investigação torna-se consideravelmente importante devido ao aumento das cargas de tráfego e novos tipos de aplicativos em ambiente de rede sem fio 3G.

Estas alterações podem mudar consideravelmente as características do tráfego da rede, por exemplo, altamente não markoviano, com a dependência de longo prazo e propriedades multi-escalas. Definitivamente, todos esses fatores influenciam em grande parte o desempenho de redes sem fio 3G.

REFERÊNCIAS

- [1] Borgonovo M. Controle de Admissão e de Fluxo para Redes Sem Fio, UNICAMP, Julho 2006.
- [2] Anding, Zhu and Jiandong Hu. Adaptive Call Admission Control for Multiclass CDMA Cellular Systems. Communications, 1999. APCC/OECC'99. Fifth Asia-Pacific Conference on and Fourth Optoelectronics and Communications Conference, vol.1, no., pp.533-536 vol.1, 1999.
- [3] Ibrahim, K.; El-Azouzi, R. and Bouyakhf, E.H. Uplink Call Admission Control in Multi-Services W-CDMA Network. Computers and Communications, 2008. ISCC 2008. IEEE Symposium on, vol., no., pp.208-213, 6-9 July 2008.
- [4] Babu, H.S.R.; Shankar, G. and Satyanarayana, P.S. Call Admission Control Approaches in Beyond 3G Networks Using Multi Criteria Decision Making Computational Intelligence, Communication Systems and Networks, 2009. CICSYN '09. First International Conference on, vol., no., pp.492-496, 23-25 July 2009.
- [5] Shen, S.; Chung-Ju Chang; Ching-Yao Huang and Qi Bi. Intelligent call admission control for wideband CDMA cellular systems," Wireless Communications, IEEE Transactions on, vol.3, no.5, pp. 1810- 1821, Sept. 2004.
- [6] Jun Ye; Xuemin, S. and Mark, J.W. Call Admission Control in Wideband CDMA Cellular Networks by Using Fuzzy Logic. Mobile Computing, IEEE Transactions on, vol.4, no.2, pp. 129- 141, March-April 2005.
- [7] Dihong Tian and Jinkang Zhu. A QoS Oriented Bandwidth Scheduling Scheme on 3G WCDMA Air Interface. Info-Tech and Info-net, 2001. Proceedings. ICIH 2001 - Beijing. 2001 International Conferences on, vol.2, no., pp.139-144 vol.2, 2001.
- [8] Guo, Y. and Chaskar, H. A Framework For Quality of Service Differentiation on 3G CDMA Air Interface. Wireless Communications and Networking Conference, 2000. WCNC. 2000 IEEE, vol.3, no., pp.975-979 vol.3, 2000.
- [9] Truong, V.; Hung L.L. and Thanh, H.N. A Fuzzy Logic Call Admission Control Scheme in Multi-Class Traffic Cellular Mobile Networks. Computer Communication Control and Automation (3CA), 2010 International Symposium on, vol.1, no., pp.330-333, 5-7 May 2010.
- [10] Takagi, T. and Sugeno M., Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control, IEEE Trans. on Systems, man, and cybernetics, vol smc-15, 1, 1985.
- [11] Ross, T.J., Fuzzy Logic with Engineering Applications, John Wiley and Son Ltd., 2004.