

Proposta para Provisionamento de QoS baseado em *DiffServ* na Rede de Núcleo UMTS

Liliana Garcia Evangelista e Paulo Roberto Guardieiro

Resumo— Neste artigo apresenta-se uma proposta de um mecanismo de QoS baseado em *DiffServ* para a rede de núcleo dos sistemas celulares UMTS 3G. Esse mecanismo é composto por condicionadores de tráfego, gerenciadores de filas e escalonadores, de forma a oferecer tratamento diferenciado aos fluxos transmitidos pela rede de núcleo, que devem ser classificados como pertencentes a uma das quatro classes de QoS UMTS. Resultados de simulações mostram que o mecanismo proposto trata o tráfego de forma diferenciada, garantindo QoS mesmo sobre condições de mobilidade dos usuários.

Palavras-Chave— Qualidade de Serviço, Rede Móvel Celular, UMTS, Rede de Núcleo, 3G.

Abstract— This paper presents a *DiffServ*-based QoS mechanism in 3G Cellular System Core Network, composed by traffic conditioning, queue management and scheduling, in order to provide differentiated treatment to the flows that are transmitted by core network. These flows have to be classified among the four UMTS QoS classes. Simulation results show that the proposed mechanism treats the incoming traffic in a differentiated way, guarantying QoS even under user mobility.

Keywords— Quality of Service (QoS), Cellular Mobile Network, UMTS, Core Network, 3G.

I. INTRODUÇÃO

As redes móveis celulares vêm apresentando consideráveis avanços tecnológicos. De uma tecnologia analógica com a primeira geração (1G) oferecendo apenas aplicações de voz, as redes móveis evoluíram para tecnologia digital com a segunda geração (2G), oferecendo aplicações básicas de voz e de dados. Surgiu então a necessidade de ter sobre as rede móveis celulares o acesso à Internet e às aplicações multimídia. Dessa forma, a segunda geração foi desenvolvida, surgindo a terceira geração (3G) de redes móveis celulares.

O crescimento do número de usuários móveis junto a crescente demanda por aplicações multimídia sobre as redes móveis celulares 3G, exige soluções para provisionamento de Qualidade de Serviço (QoS - *Quality of Service*) tanto na rede de acesso sem fio quanto na rede de núcleo. Em vista disso, neste artigo propõe-se um mecanismo para provimento de QoS na rede de núcleo dos sistemas celulares 3G. Esse mecanismo é baseado no esquema de diferenciação de serviços ou *DiffServ* (*Differentiated Services*), com o objetivo de tratar o tráfego que entra na rede de núcleo de forma diferenciada, de acordo com suas características específicas. Para isso, esse mecanismo utiliza condicionadores de tráfego com o objetivo de realizar controle de admissão implícito, gerenciadores de filas para

controle de congestionamento e algoritmos de escalonamento com o objetivo de dar prioridade ao tráfego das aplicações multimídia, que exigem requisitos de QoS mais estritos do que as aplicações elásticas típicas da Internet.

Com isso viabiliza-se, nesta rede, o gerenciamento de recursos de forma a dar suporte ao alto volume de tráfego, conseqüência do crescente número de usuários móveis, e às aplicações multimídia com garantia de QoS.

Este artigo está organizado da seguinte forma. Na seção II, define-se o problema das redes móveis em suportar comunicações de banda larga. Na seção III, apresenta-se uma visão geral dos sistemas celulares de terceira geração dando ênfase à arquitetura UMTS 3G. Na seção IV, descreve-se a proposta do mecanismo de QoS para a rede de núcleo, detalhando seu funcionamento. Na seção V, apresenta-se o modelo de simulação utilizado para validar o mecanismo proposto na seção IV. Na seção VI, são analisados os resultados experimentais obtidos através das simulações. Finalmente na seção VII são apresentadas as conclusões finais.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Outras pesquisas reconheceram a necessidade de provisionamento de QoS na rede de núcleo [1], [2], [3], [4], [5], [6]. O autor em [1] propõe mecanismos para suportar classes de tráfego que foram propostas considerando a mobilidade dos usuários. O autor em [2] propõe o uso do mecanismo *DiffServ* para prover QoS à rede de núcleo GPRS. Os autores de [3] propõem algoritmos específicos de condicionamento de tráfego, escalonamento e gerenciamento de filas para a rede de núcleo UMTS, baseados no conceito do mecanismo *DiffServ*. Os autores de [4] propõem um gerenciamento de QoS baseado em políticas para uma rede de núcleo com mecanismos de QoS baseado em *DiffServ*. Em [5] os autores descrevem uma arquitetura de QoS para rede baseada em pacotes e mecanismos específicos definidos para provisionamento de QoS multi-serviço na rede de núcleo UMTS. Já os autores de [6] descrevem um método para suporte a QoS UMTS na rede de núcleo GPRS usando *DiffServ* e MPLS.

Estes trabalhos não realizam alocação de largura de banda para cada uma das classes de QoS UMTS definidas pelo 3GPP. Além disso, a topologia de rede estudada nessas pesquisas consideram fontes de tráfego fixas, desconsiderando as características peculiares que os enlaces sem fio apresentam. O mecanismo de QoS proposto neste artigo, executa alocação de banda para cada classe de QoS de forma a proteger o tráfego de cada uma delas em condições de congestionamento, além disso na topologia utilizada as fontes de tráfego encontram-se

em uma rede móvel celular UMTS, levando em consideração as características intrínsecas dos enlaces sem fio.

III. A REDE MÓVEL CELULAR DE TERCEIRA GERAÇÃO

A rede móvel celular de terceira geração (3G) foi inicialmente concebida como sendo um único padrão global, conhecido como FLMTS (*Future Public Land Mobile Telephone System*). Quando de sua criação, o projeto como um todo foi chamado de família IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications 2000*) de padrões. Após terminada esta fase do ITU (1998), dois órgãos - 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) e o 3GPP2 - completaram a padronização dos dois tipos de 3G que atualmente são desenvolvidos, os sistemas UMTS e CDMA2000, respectivamente. Enquanto isso, estes órgãos, juntamente com a organização OHG (*Operators Harmonization Group*), estão buscando unificar estes padrões em um único padrão 3G que permita que diferentes interfaces aéreas e redes sejam combinadas. Dessa forma, as interfaces aéreas e suas respectivas redes de acesso, poderão ser conectadas a uma rede de núcleo que seja evolução de GSM ou do padrão ANSI-41, com o objetivo final de desenvolver uma única especificação para um padrão global 3G [2].

O padrão UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), o qual vem se destacando como 3G, é composto por 3 domínios: o equipamento do usuário (UE - *User Equipment*), a rede de acesso sem fio (UTRAN - *UMTS Terrestrial Radio Access Network*) e a rede de núcleo (CN - *Core Network*). A rede de acesso sem fio é composta por Nós B (*Node B*), que são as estações rádio base dos sistemas 2G, e por RNCs (*Radio Network Controller*). Os Nós B e os RNCs juntos formam o RNS (*Radio Network Subsystem*). A rede de núcleo é uma rede fixa que possui dois domínios, o domínio comutado a circuito (CS - *Circuit Switched*) e o domínio comutado a pacote (PS - *Packet Switched*) [7].

O domínio comutado a pacote possui uma arquitetura toda baseada em IP (*All-IP*), onde o protocolo IP é usado para transportar todo o tráfego do usuário e de sinalização [4]. Essa rede permite a comunicação entre os nós móveis com redes IP externas, como a Internet. É composta por GSNs (*GPRS Support Node*), que são o SGSN (*Serving GPRS Support Node*) e o GGSN (*Gateway GPRS Support Node*). O domínio comutado a circuito é composto por MSCs (*Mobile Switching Center*) e permite a comunicação entre os nós móveis com a rede pública de telefonia fixa (PSTN - *Public Switched Telephony Network*). A arquitetura UMTS está apresentada na Figura 1.

A rede de núcleo é responsável pelo transporte do tráfego proveniente de estações móveis destinado à outras estações móveis, e pelo transporte do tráfego proveniente de estações móveis destinado à estações fixas localizadas em redes IP externas, como a Internet ou a PSTN. Essa rede também é responsável pelo transporte do tráfego de sinalização para suporte a *handover* e *roaming*. O que mostra a sua importância na QoS fim-a-fim percebida pelo usuário [1]. O órgão de padronização da terceira geração 3GPP definiu uma arquitetura de QoS sobre a rede UMTS 3G. Essa arquitetura é dividida

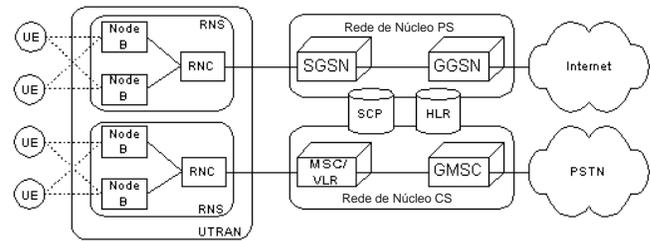


Fig. 1. Arquitetura da Rede UMTS.

em camadas, onde cada camada representa um BS (*Bearer Service*), ou serviço de suporte. As camadas são uma abstração aos serviços de suporte que representam o gerenciamento da QoS em cada componente da rede UMTS (SGSN, GGSN, UE, UTRAN, etc). Os serviços de suporte trabalham de forma integrada para o provisionamento de QoS fim-a-fim. Dessa forma, existe uma dependência entre os serviços de suporte à QoS de cada componente da rede, como mostra a Figura 2. O serviço de suporte UMTS depende do serviço de suporte da rede de acesso sem fio (UTRAN) e do serviço de suporte da rede de núcleo, dessa forma, a QoS na rede de núcleo, assim como em todos os integrantes da rede UMTS, tem influência na qualidade de serviço percebida pelo usuário final [5].

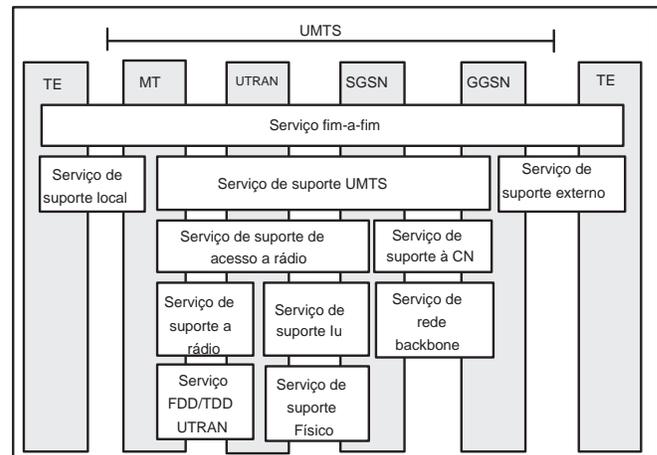


Fig. 2. Arquitetura de QoS UMTS.

Na rede UMTS, o provisionamento de QoS é baseado na classificação do tráfego. Foram definidas quatro classes pelas quais o tráfego que entra na rede é classificado de acordo com sua característica específica, como por exemplo, sensibilidade ao atraso ou tolerância a perdas. Essas classes são:

- 1) *Conversacional*: representa o tráfego mais sensível ao atraso, como as aplicações de voz, para as quais devem ser mantidos valores baixos de atraso, *jitter* e de perda de pacotes;
- 2) *Streaming*: tolera requisitos de QoS mais flexíveis do que a classe conversacional, como maior atraso, *jitter* e perda de pacotes. Representa as aplicações de fluxo contínuo de áudio ou vídeo;

- 3) Interativa: representa as aplicações caracterizadas pela interação entre cliente e servidor com padrão pedido-resposta sem controle de largura de banda, como as aplicações Web e Telnet;
- 4) *Background*: representa as aplicações de mais baixa prioridade, que são transmitidas como tráfego melhor esforço, como por exemplo, transferência de arquivos e e-mail, onde o atraso não é um requisito importante.

A Tabela I mostra os parâmetros de QoS relevantes para cada uma dessas classes de tráfego e seus valores esperados. A classe conversacional deve obter baixo atraso, baixo *jitter* e baixa perda de pacotes, enquanto a classe *streaming* tolera maior atraso, *jitter* e perda de pacotes do que a classe conversacional, isso porque aplicações do tipo *streaming* utilizam técnicas de recuperação de pacotes perdidos.

TABELA I
PARÂMETROS DE QoS DAS CLASSES DE TRÁFEGO UMTS.

Classe	Atraso	Jitter	Vazão	Perdas
1	< 150	< 75		
2	< 250			Tolerante (Baixa)
3			Alta	Tolerante
4			Baixa	Tolerante

IV. PROPOSTA PARA PROVISIONAMENTO DE QoS NA REDE DE NÚCLEO PS

Como a rede de núcleo é uma rede fixa baseada em IP, o controle de QoS deve ser baseado nos esquemas propostos para redes IP, mas deve lidar com as características particulares que uma rede móvel apresenta, como a classificação das aplicações em quatro classes de QoS e suportar alto volume de tráfego, conseqüência do crescente número de usuários móveis.

Existem algumas especificações definidas pelo 3GPP relacionadas ao controle de QoS nas redes móveis celulares 3G, mas essas especificações dizem respeito aos aspectos de negociação e estabelecimento de QoS [7], [8], mas especificam que a arquitetura *DiffServ* deve ser utilizada para fornecer diferentes níveis de serviço, e são permitidas várias alternativas para realizar essa diferenciação.

A. A Arquitetura *DiffServ*

A arquitetura de serviços diferenciados, denominada *DiffServ* (*Differentiated Services*), foi introduzida como resultado de esforços para evitar os problemas de escalabilidade e complexidade decorrentes da manutenção de informação de estado para cada fluxo e sinalização a cada nó na arquitetura *IntServ*. A filosofia *DiffServ* trata o tráfego que passa pelos roteadores *DiffServ* de forma agregada, ou seja os fluxos com os mesmos requisitos de QoS são agrupados em classes, que receberão tratamento diferente no interior do domínio *DiffServ*. Esse tratamento diferenciado é realizado de acordo com as necessidades de vazão, atraso, variação de atraso e perda de pacotes de cada agregado ou classe de tráfego. Esse tratamento é oferecido no interior do domínio de Serviços Diferenciados, denominado domínio DS.

A arquitetura *DiffServ* é composta por classificadores de pacotes, condicionadores de tráfego, gerenciadores de filas, filas de espera e por escalonadores de tráfego, de forma a realizar diferenciação de tráfego e assim garantir QoS à rede [9].

B. Mecanismo de QoS baseado em *DiffServ*

Propõe-se um mecanismo baseado em *DiffServ* a ser empregado nos roteadores de borda da rede de núcleo, ou seja nos SGSNs e GGSNs. Esse mecanismo é composto por policiadores de tráfego, gerenciadores de filas e escalonadores de tráfego.

Para que o mecanismo proposto alcance os níveis de serviço específicos das classes conversacional e *streaming*, como baixo atraso, *jitter* e perda de pacotes, o condicionamento de tráfego utilizado é do tipo *Token Bucket*, controlando a taxa média permitida para esses tráfegos dentro da rede de núcleo. Esse controle realiza um tipo de alocação de largura de banda, pois o tráfego que será permitido na rede estará dentro dos limites permitidos, ocupando apenas este limite no enlace. O tráfego das classes interativa e *background* não necessita de ter sua taxa controlada, portanto não são utilizados policiadores de tráfego.

As filas utilizadas para o tráfego da classe conversacional e *streaming* são do tipo RED com gerenciadores de fila do tipo *Drop-on-Threshold*, descartando os pacotes que estejam além de um limiar pré-definido. As filas que acomodam o tráfego das classes interativa e *background* são também do tipo RED, mas são empregados gerenciadores de filas do tipo WRED (*Weighted RED*), que controlam o tamanho da fila verificando dois limiares, o máximo e o mínimo. Esse gerenciador é utilizado para descartar pacotes que viriam a congestionar a rede e por evitarem a sincronização global, ou seja, a atuação simultânea do mecanismo de congestionamento dos protocolos TCP, que é o protocolo de transporte utilizado pelas aplicações representadas por essas duas classes.

A disciplina de escalonamento empregada no mecanismo de QoS proposto é PQ^+ -SFQ (*Priority Queueing⁺ – Start Time Fair Queueing*). Nesse escalonamento, a fila prioritária (PQ) escalona o tráfego das filas das classes conversacional e *streaming*, devido a prioridade que o tráfego dessas classes tem sobre o tráfego das demais classes. Dessa forma, a fila que acomoda o tráfego da classe conversacional recebe maior prioridade sobre o tráfego da classe *streaming* no escalonamento realizado por PQ, pois essa classe representa aplicações de tempo real como voz e videofonia, que apresentam requisitos mais rígidos para que sejam viáveis.

As filas das classes interativa e *background* são escalonadas pela disciplina SFQ, que transmite o tráfego dessas filas de acordo com a porcentagem do enlace de saída especificada para cada uma delas. Isso faz com que cada classe utilize somente essa porcentagem, realizando alocação de largura de banda a cada uma delas. Dessa forma, a fila da classe interativa possui maior porcentagem de largura de banda do enlace de saída por apresentar maiores requisitos do que a classe *background*, que é tratada como melhor esforço. O mecanismo de QoS proposto está apresentado na Figura 3.

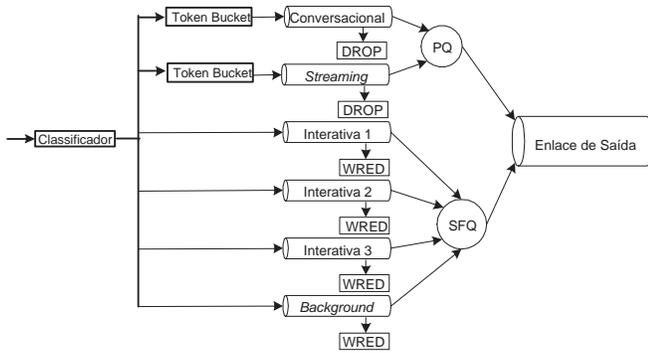


Fig. 3. Mecanismo de QoS proposto.

V. MODELO DE SIMULAÇÃO

Através de modelagem e simulação, utilizando a ferramenta de simulação ns-2 (*Network Simulator Version 2*) [10], foi feito um estudo de desempenho do mecanismo de QoS proposto. Para isso, o modelo de simulação da rede de núcleo UMTS considera que o tráfego proveniente de uma rede móvel celular UMTS 3G utiliza canal físico baseado na técnica UTRA-TDD. Nesse modelo de simulação utilizado, apresentado na Figura 4, as estações base da rede móvel UMTS enviam os dados provenientes das estações móveis para o SGSN da rede de núcleo através de enlaces fixos. SGSN é o roteador de ingresso e está representado como o nó 0 no modelo de simulação, enquanto os nós 1 e 2 são roteadores intermediários na rede que apenas encaminham os pacotes de acordo com o DSCP atribuído a eles na borda da rede. O nó 3 pode ser visto como o GGSN, ou seja o roteador de egresso da rede de núcleo, que encaminha os pacotes para os destinos localizados em uma rede IP fixa externa.

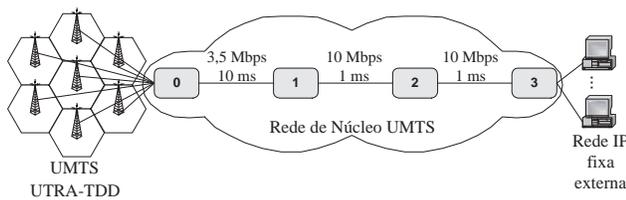


Fig. 4. Modelo de Simulação.

O enlace de 3,5 Mbps, localizado entre os nós 0 e 1, é utilizado de forma compartilhada por todas as aplicações. Neste enlace, 3 Mbps são compartilhados entre as classes interativa e *background* da seguinte forma: 40% alocados para a classe interativa 1, 30% para interativa 2, 20% para interativa 3 e 10% para *background*. A capacidade de 0,5 Mbps restante é compartilhada entre as classes conversacional e *streaming*, onde 40% são alocados à classe conversacional e 60% à classe *streaming* [3].

As aplicações da classe conversacional são modeladas através de fontes CBR com taxa de 6,3 kbps e pacotes de tamanho constante igual a 88 bytes (40+24+24 bytes = cabeçalho RTP (12 bytes)/UDP (8 bytes)/IP (20 bytes) + 2

quadros (24 bytes) por pacote), essa modelagem representa fontes que utilizam o CODEC G.723.1 definido pelo ITU-T. As aplicações da classe *streaming* são modeladas por fontes CBR com taxa de 28 kbps e pacotes de tamanho constante e igual a 512 bytes, essa modelagem representa fontes de vídeo que empregam a técnica de compressão de vídeo H.261, definida pelo ITU. As aplicações de classe interativa são modeladas por fontes do tipo Telnet com pacotes de tamanho igual a 1500 bytes. As aplicações de classe *background*, são modeladas por fontes do tipo FTP com pacotes de tamanho igual a 1000 bytes.

Em cada célula, os parâmetros variáveis são: quantidade de estações móveis variando entre 5 e 20, tempo de início de cada aplicação e o tipo de aplicação. Com isso, cada célula possui quantidades diferentes de nós transmitindo diferentes tipos de tráfego, cujo comportamento segue a distribuição de Poisson, pois o intervalo de tempo entre chegadas de novos fluxos na célula é aleatório seguindo uma distribuição exponencial.

VI. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O objetivo do estudo aqui apresentado é avaliar o desempenho do mecanismo proposto, ao lidar com o tráfego de aplicações multimídia e elásticas, proveniente de estações móveis conectadas a uma rede móvel celular UMTS-TDD 3G. Para isso, foram avaliados parâmetros de QoS como atraso, *jitter*, vazão e perda de pacotes, para cada classe de serviço que representa essas aplicações, verificando se houve a diferenciação do tráfego e o conseqüente gerenciamento dos recursos da rede de núcleo e controle de admissão implícito, através do correto funcionamento do mecanismo de QoS proposto.

Nesta análise avalia-se o desempenho do mecanismo de QoS proposto com o aumento na intensidade de tráfego. Para isso, aumenta-se o número de células que enviam tráfego para o SGSN, o que aumenta a quantidade de estações móveis ativas utilizando a rede de núcleo. O tráfego gerado pela estações móveis é enviado para a estação base, que envia para o roteador de borda SGSN, onde o mecanismo de QoS está implementado.

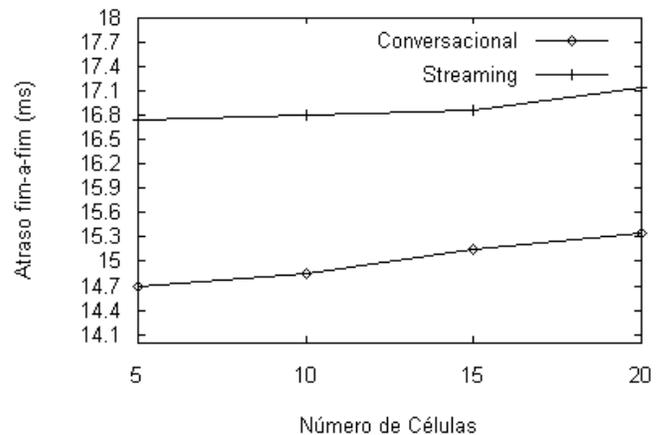


Fig. 5. Atraso fim-a-fim médio sofrido pelas classes conversacional e *streaming*.

O gráfico da Figura 5 apresenta o atraso fim-a-fim médio sofrido pelas classes conversacional e *streaming*. Interpretando estes resultados em relação aos parâmetros de QoS relevantes dessas duas classes e comparando aos apresentados na Tabela I, verifica-se que o mecanismo de QoS proposto foi capaz de garantir baixo atraso fim-a-fim à classe conversacional, o que é desejado pois esta classe representa aplicações de tempo real, como videofônia que necessita de baixo atraso para ser viável. A classe *streaming* sofreu maior atraso do que a classe conversacional, o que está de acordo com os requisitos de QoS desta classe, pois representa aplicações de fluxo contínuo de áudio/vídeo que são mais flexíveis quanto ao atraso. Esse tratamento diferenciado realizado pelo mecanismo de QoS proposto foi possível devido à disciplina de escalonamento utilizada para o tráfego dessas duas classes, ou seja, a disciplina PQ, dando maior prioridade ao tráfego da classe conversacional e menor prioridade ao tráfego da classe *streaming*.

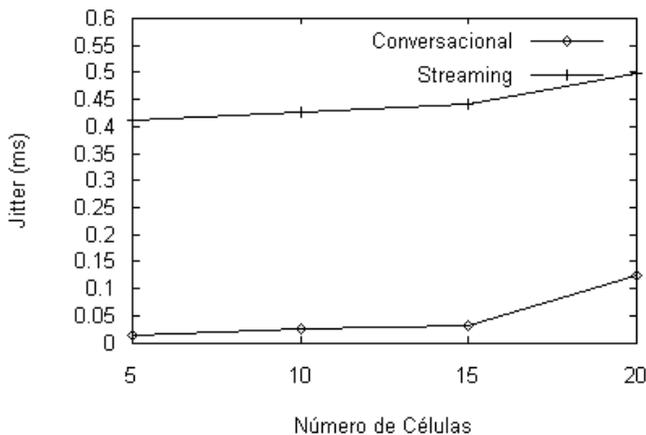


Fig. 6. Jitter médio sofrido pelas classes conversacional e *streaming*.

A Figura 6 apresenta o gráfico do *jitter* médio sofrido pelas classe conversacional e *streaming*. Esse parâmetro reflete a variação do atraso sofrido pelos pacotes em decorrência do tempo de espera desses pacotes na fila. Dessa forma, para que as aplicações de tempo real, representadas pela classe conversacional, sejam oferecidas respeitando seus requisitos de QoS, o *jitter* deve ser baixo. O mecanismo de QoS foi capaz de manter o *jitter* da classe conversacional baixo não ultrapassando 0,15 ms, o que está de acordo com o valor apresentado na Tabela I. A classe *streaming* sofreu maior *jitter* do que a classe conversacional, o que não prejudica a QoS dessa classe, pois as aplicações de fluxo contínuo representadas por esta classe utilizam a técnica de *bufferização*, armazenando os pacotes recebidos que são enviados para a aplicação como um fluxo contínuo e estável [11].

O gráfico da Figura 7 apresenta as perdas de pacotes sofrido pelas classes conversacional e *streaming*. Este gráfico demonstra a atuação dos condicionadores de tráfego do tipo *Token Bucket* utilizados para limitar o tráfego dessas classes ao entrar na rede de núcleo. Esses condicionadores realizam alocação de largura de banda ao admitir somente a taxa máxima permitida para cada uma das classes rede de núcleo

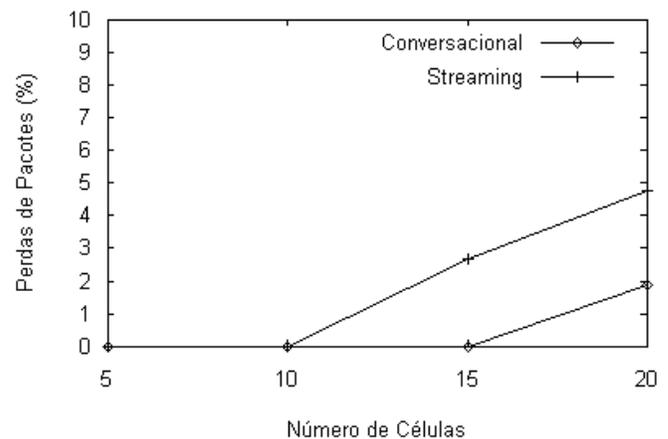


Fig. 7. Perda de Pacotes das classes conversacional e *streaming*.

(40% de 0,5 Mbps para a classe conversacional e 60% para a classe *streaming*), os pacotes que ultrapassaram essa taxa são descartados.

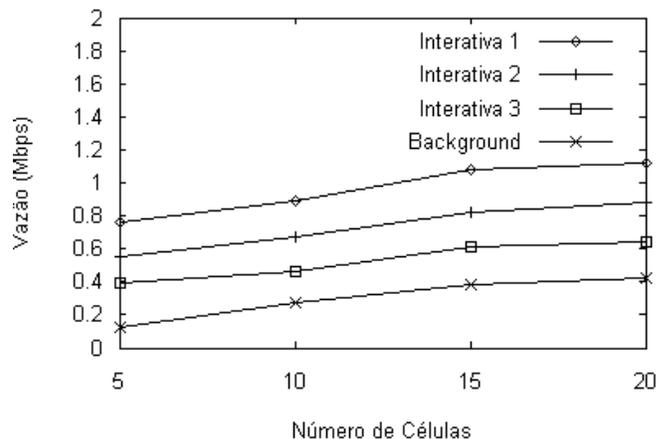


Fig. 8. Vazão média alcançada pelas classes Interativa 1, 2, 3 e *background*.

O gráfico apresentado pela Figura 8 mostra a vazão média alcançada pelas classes interativa 1, 2, 3 e *background*. Como pode ser observado, as classes interativa obtiveram os maiores valores de vazão do que a classe *background* de acordo com os níveis de precedência de cada uma dessas classes. Como apresentado pela Tabela I, esses valores estão de acordo com o esperado, já que a classe interativa representa aplicações que exigem a interação entre cliente e servidor, necessitando de maior vazão e menor perda para que sejam atendidos seus requisitos de QoS. Já as aplicações representadas pela classe *background*, como e-mail e transferência de arquivos, não possuem requisitos estritos de QoS, podendo ser transmitidas como tráfego melhor esforço. Essa diferenciação de tráfego entre as classes interativa 1, 2, 3 e *background* foi possível devido ao escalonamento de tráfego realizado pela disciplina SFQ utilizada para essas classes. Nesse escalonamento a classe interativa 1, sendo de maior prioridade, obteve a maior vazão, já que é configurada com a maior porcentagem de utilização da

largura de banda total (40%). A classe interativa 2, de média prioridade, obteve menor vazão do que a classe interativa 1, pois é alocada a ela uma menor porcentagem da largura de banda total (30%). A classe interativa 3, de menor prioridade dentre as de classe interativa, alcançou a menor vazão, por ser alocada uma menor porcentagem da largura de banda do que a alocada à classe interativa 2 (20%). Como a classe *background* é a de mais baixa prioridade, obteve os menores níveis de vazão, pois é alocada a ela uma menor porcentagem da largura de banda total (10%).

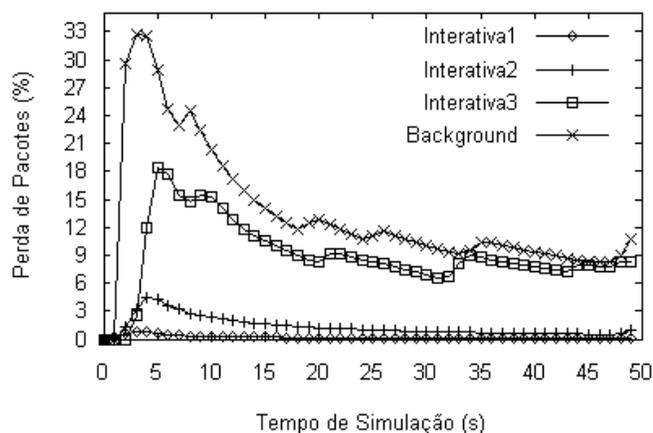


Fig. 9. Perda de Pacotes sofrida pelas classes interativa 1, 2, 3 e *background*.

No gráfico apresentado na Figura 9, verifica-se que as perdas de pacotes sofridas pelas classes interativa 1, 2, 3 e *background* estão de acordo com os limites de cada uma dessas classes e, dessa forma, foi possível alcançar uma diferenciação do tráfego. Isso foi possível devido a atuação dos gerenciadores de filas WRED, os quais limitam as filas de acordo com as prioridades de cada uma delas, descartando os pacotes que causariam o congestionamento dessas filas.

VII. CONCLUSÕES

Neste artigo foi proposto um mecanismo para provisionamento de QoS baseado na arquitetura *DiffServ* para a rede de núcleo de sistemas celulares 3G. Esse mecanismo destina-se ao gerenciamento da alocação de recursos nessa rede para que seja viável o suporte de aplicações multimídia e de alto volume de tráfego com qualidade de serviço.

Considerando a rede toda IP (*all-IP*), onde o mecanismo proposto foi aplicado, por meio de modelagem e simulação avaliou-se o desempenho do mesmo considerando vários fluxos de tráfego provenientes de estações móveis conectados a uma rede móvel celular UMTS-TDD 3G. Os resultados obtidos neste estudo mostraram que o mecanismo de QoS proposto é capaz de proporcionar o atendimento aos limites de QoS específicos de cada uma das quatro classes de tráfego definidas pelo 3GPP, que representam as aplicações multimídia e elásticas.

A mobilidade das estações nos sistemas celulares dificulta o provisionamento de QoS na rede de núcleo, devido à possibilidade de aumento de usuários móveis conectados a

um mesmo roteador de borda (SGSN). O mecanismo proposto mostrou-se capaz de lidar com esse alto volume de tráfego com garantia de QoS.

REFERÊNCIAS

- [1] S. V. de Vasconcelos. "Provisionamento de Recursos e QoS em Redes de Núcleo para Sistemas Celulares de 3ª Geração", Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Setembro, 2002.
- [2] L. C. Saud. "Qualidade de Serviço em Redes Móveis Celulares de Terceira Geração, com Estudo de Caso em Redes 2,5G Utilizando Serviços Diferenciados", Dissertação de Mestrado, UFG, Goiânia, Junho, 2003.
- [3] S. Maniatis, E. Nikolouzou e I. Venieris. "QoS Issues in the Converged 3G Wireless and Wired Networks", *IEEE Communications Magazine*, v. 40, Issue 8, p. 44-53, Agosto, 2002.
- [4] M. K. Kim, K. Nam, J. Lee e H. Lee. "A Case Study of Policy-based QoS Management in 3G Networks", *In Vehicular Technology Conference (VTC)*, the 57th IEEE Semianual, v. 4, p. 2755-2759, 2003.
- [5] R. Koodli e M. Puuskari. "Supporting Packet-Data QoS in Next-Generation Cellular Networks", *IEEE Communications Magazine*, v. 39, Issue 2, p. 180-188, Fevereiro, 2001.
- [6] H. Chaskar e R. Koodli. "MPLS and DiffServ for UMTS QoS in GPRS Core Network Architecture", in *Proceedings of INET*, Junho, 2001.
- [7] 3GPP TS 21.101 V1.0.0. "3rd Generation mobile system Release 1999 Specifications", Outubro, 1999.
- [8] ETSI Mobile Competence Centre. "Overview of 3GPP Release 5: Summary of all Release 5 Features", *Work Plan*, Setembro, 2003.
- [9] S. Blake, D. L. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang e W. Weiss. "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, Dezembro, 1998.
- [10] K. Fall e K. Varadhan. "Network Simulator - NS (version 2)", the ns manual. Relatório Técnico, The VINT Project, Disponível em: www.isi.edu/nsnam/ns/. Acessado em: Março, 2003.
- [11] J. F. Kurose e K. W. Ross. "Redes de Computadores e a Internet: Uma Nova Abordagem", *Addison Wesley*, 1 ed., São Paulo, 2003.