

Um modelo de contabilização e negociação de preços para serviços com QoS

Frederico Machado Bastos, José Marcos Nogueira

Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Presidente Carlos Luz, 6627 – C.P. 702 - 30.123-970 – Belo Horizonte, MG

{fmbastos, jmarcos}@dcc.ufmg.br

Abstract. *This paper discusses service accounting and pricing aspects in the Internet 2 and presents a service level accounting and pricing negotiation model. The improvement of service providing technologies with guarantees of quality, combined with the liberalisation of telecom industry, has resulted in the proliferation of new services and service providers. Charging mechanisms based on a service class without guarantees does not apply to this new environment. New accounting mechanisms must be investigated. The goal of the model presented here is to consider the new accounting requirements and parameters boosted by adding quality of service in the Internet. This model was implemented as a prototype and a preliminary validation was done.*

Resumo. *Este artigo discute aspectos da contabilização e precificação de serviços na Internet 2 e apresenta um modelo de contabilização no nível de serviços e negociação de preços. O aperfeiçoamento das tecnologias de provimento de serviços com garantias de qualidade, aliado à liberalização do mercado de telecomunicações, resultaram na proliferação de novos serviços e provedores. Mecanismos de cobrança baseados em uma classe de serviço sem garantias não se aplicam a esse novo ambiente. Novas formas de contabilização devem ser investigadas. O objetivo do modelo proposto é considerar os novos requisitos e parâmetros de contabilização necessários em decorrência da adição de qualidade de serviço à Internet. Esse modelo foi implementado na forma de um protótipo e foi realizada uma validação preliminar.*

Palavras-chave

Contabilização, gerenciamento de contabilização, tarifação, negociação, QoS.

1. Introdução

A *Internet* com qualidade de serviço (QoS), também conhecida como *Internet 2*, é um ambiente com potencial de disponibilizar uma gama bastante variada de serviços. Por sua vez, cada serviço ou mesmo classe de serviço, apresenta requisitos específicos para a infra-estrutura de rede na qual o mesmo será provido.

A qualidade de serviço somente poderá ser alcançada se os requisitos de cada aplicação de rede possuírem garantias fim-a-fim. Essa garantia tem um impacto direto no custo da infra-estrutura de rede, além de demandar avançadas técnicas de alocação e

monitoração de recursos. Para os provedores de serviços *Internet* a consequência imediata desse cenário é a elevação considerável dos investimentos em infra-estrutura, manutenção e operação da rede.

Essa elevação nos custos de operação dos provedores de serviço deve ser compensada de alguma forma, do contrário a *Internet* com qualidade de serviço não se disseminaria da mesma forma como aconteceu com a *Internet* que conhecemos hoje. Na *Internet* atual, não há tratamento diferenciado para os serviços, pois todos os serviços por ela providos fazem parte de uma classe de serviços sem qualquer tipo de garantia, conhecida como melhor esforço. A forma predominante de cobrança pelo uso dos serviços é baseada em taxas fixas (geralmente mensais), desconsiderando a real utilização de recursos pelos usuários e tratando de maneira igual o conjunto variado de serviços oferecidos.

A aplicação dos mesmos mecanismos de cobrança da *Internet* atual na *Internet* com qualidade de serviço certamente não seria uma alternativa que garantiria a recuperação dos custos dos provedores. Isso se explica pelo fato de que os usuários de serviços *Internet* se sentiriam no direito de escolherem sempre os níveis mais elevados de qualidade, já que não teriam de pagar quantias maiores por isso. Nesse caso, o impacto direto na infra-estrutura de rede seria a sobre-alocação dos recursos da rede e o abuso na utilização dos mesmos, o que quase sempre acabaria resultando em perdas financeiras para os provedores de serviço.

Para solucionar essa possível ineficiência tecnológica e econômica, resultante da aplicação de mecanismos inadequados de cobrança pelo uso de serviços, novos métodos de contabilização na *Internet* com qualidade de serviço devem ser investigados. Não basta que haja evolução apenas nas tecnologias de provimento de serviços, é necessário que os mecanismos de cobrança e contabilização sejam aprimorados conjuntamente.

A saída viável, em termos técnicos e econômicos, para esse problema é a contabilização e a cobrança de acordo com a real utilização de recursos pelo usuário. A existência de um acordo prévio de nível de serviço e a possibilidade de negociação de preços e recursos tornam factível a contratação de serviços com qualidade, tratando-os de forma diferenciada e estipulando tarifas, penalidades e ou abonos a serem aplicados.

A proposta deste artigo é apresentar um modelo de contabilização do uso de serviços com QoS. Esse modelo considera uma série de fatores tecnológicos e econômicos mencionados anteriormente, além de oferecer a possibilidade de negociação de preços e qualidade de serviço. O objetivo desse modelo é contemplar os novos requisitos de contabilização do uso de serviços que surgiram em função da adição de QoS à *Internet*. Esses requisitos compreendem principalmente a contabilização baseada na real utilização de recursos, consideração de parâmetros de QoS e acordos de nível de serviço, negociação tanto de preços dos serviços quanto dos recursos de rede a serem utilizados em uma sessão e a contabilização inter-domínios (ou federada). A implementação desse modelo pode servir de base para a criação de um ambiente onde seja possível a recuperação de custos dos provedores (que sofreram acréscimos consideráveis por implementarem garantias fim-a-fim) e ao mesmo tempo incentivar os usuários a intensificarem a utilização de serviços avançados de rede (por meio de uma forma mais justa de cobrança pela utilização de serviços).

Este artigo está organizado da seguinte forma : A seção 2 relata propostas de

arquiteturas e esquemas de contabilização apresentados na literatura. A seção 3 apresenta os principais conceitos envolvidos na contabilização no nível de serviços. A seção 4 descreve o cenário de aplicações a ser considerado pelo modelo proposto. A seção 5 apresenta a proposta de uma arquitetura de contabilização. Na seção 6 é apresentada a validação do modelo proposto e por fim, na seção 7, são apresentadas as conclusões e os trabalhos futuros.

2. Propostas de arquiteturas e esquemas de contabilização

A variedade de requisitos desejáveis ou esperados para um sistema completo de contabilização no nível de serviços é bastante extensa. Desse modo, a contemplação do conjunto total de requisitos é uma tarefa bastante complexa e nem sempre necessária de imediato. Por esse motivo, as diversas arquiteturas e esquemas de contabilização propostos procuram priorizar ou focalizar um requisito ou conjunto de requisitos bem determinado e limitado.

A primeira arquitetura, proposta por Radisic, baseia-se no gerenciamento de contabilização por meio de políticas de gerenciamento [Radisic, 2002]. Focaliza as questões relacionadas com a flexibilidade, as customizações e principalmente aspectos dinâmicos da contabilização. O objetivo principal a ser alcançado nesse caso é a minimização de esforços na atualização dos sistemas de contabilização, em resposta às alterações freqüentes no conjunto de serviços providos ou nas tarifas aplicadas. A aplicação do conceito de meta-políticas permite que uma nova política seja criada e alocada para contabilizar um novo serviço sem que os sistemas sofram qualquer alteração. Para cada sub-processo de contabilização é especificada uma política apropriada que o gerencia. A flexibilidade desse gerenciamento é dessa forma dependente da linguagem de definição de políticas adotada, levando-se em conta também que os componentes do sistema, por exemplo roteadores, devem ser obrigatoriamente configuráveis ou programáveis. Aspectos de QoS, acordos de nível de serviço e segurança foram incorporados à arquitetura. Em contrapartida, a questão da contabilização entre múltiplos domínios não foi explorada.

Já a arquitetura federada apresentada em [Bhushan, 2001] e em [Gringel, 2001] tem como meta principal a integração do processo de contabilização por múltiplos domínios. A motivação para essa contabilização integrada reside no fato de que um serviço é na verdade o resultado da combinação de uma série de serviços ofertados por um ou diversos provedores. No entanto, os clientes ou usuários se sentiriam mais cómodos se a fatura pela prestação de um serviço, juntamente com eventuais descontos e ou taxas adicionais se apresentassem de forma totalmente integrada e unificada. Nesse ambiente multi-domínios as questões de padronização de interfaces de comunicação entre os provedores e os registros de contabilização são pontos fundamentais a serem estudados e discutidos. Como alternativa a essas questões, o IPDR (*Internet Protocol Detailed Record*) [IPDR, 2002] foi a tecnologia adotada.

Um novo conceito de contabilização, chamado de contabilização programável, foi introduzido em [Evlogimenou, 2002]. A arquitetura programável lida principalmente com as questões relacionadas com aspectos dinâmicos da contabilização, flexibilidade e escalabilidade. Nessa abordagem, as tarefas de gerenciamento são executadas nos

próprios nós (programáveis) da rede. Essa forma de execução traz benefícios como a medição, tarifação e determinação de preços em tempo real e o gerenciamento distribuído, o que permite maior escalabilidade e desempenho. Por outro lado, os nós da rede apresentarão uma sobrecarga adicional de CPU que deve ser considerada e analisada, além de ser um sistema com uma complexidade adicional, dada a necessidade de controle de processos distribuídos de gerenciamento de contabilização.

3. A contabilização no nível de serviços

O gerenciamento de contabilização é uma das áreas funcionais ¹ definidas para o gerenciamento de redes. A contabilização é a área que trata da coleta de dados sobre o consumo de recursos com propósitos de : (1) análises de capacidade da infra-estrutura de rede e tendências de consumo de recursos, (2) alocação de custos entre as entidades envolvidas (por exemplo, entre outros provedores de serviço e provedores de rede), (3) auditoria e (4) cobrança [Aboba, 2000].

Na contabilização, o consumo de recursos deve ser medido, tarifado, designado (atribuído a um usuário) e comunicado entre as partes apropriadas.

Até o momento falou-se em consumo de recursos sem especificar claramente que recursos são esses. Há várias possibilidades, variando desde recursos básicos (recursos de nível físico ou de elementos de rede, como dispositivos de comunicação e linhas de transmissão) até recursos de níveis superiores, também chamados de serviços (por exemplo, Voz sobre IP, Vídeo Conferência, etc.). A escolha do nível de recurso tem implicações diretas na contabilização. No nível de elementos de rede, normalmente as medidas são com base no número de bytes ou pacotes consumidos por um usuário. Já no nível de serviços, as medidas são baseadas em transações, conexões e sessões. Nesse último caso, a contabilização pode ser baseada, por exemplo, no tipo ou classe de um serviço. Para a *Internet* com qualidade de serviço, é mais interessante considerar o nível de serviços na contabilização. Isso porque, nesse nível, os serviços podem ser tratados de forma diferenciada e assim tarifados de uma maneira mais eficiente. Daí surge o termo *contabilização no nível de serviços*.

Na literatura, são definidos variados conjuntos de processos de contabilização. No entanto, apesar das diferenças no número e características dos processos, o conjunto final deve atender aos propósitos do gerenciamento de contabilização já mencionados anteriormente.

Um conjunto reduzido de processos de contabilização (Veja a figura 1), porém completo, é composto das etapas [Gerke, 2000]:

- **Medição:** monitoração e medição do consumo dos recursos de rede;
- **Mediação:** coleta dos dados de medição das várias fontes, aplicação de técnicas de correlação, agregação e filtragem;
- **Contabilização:** sumarização das informações de utilização de serviços por um usuário, gerando registros de contabilização;

¹A ISO (*International Organization for Standardization*) define cinco áreas funcionais para o gerenciamento de redes no modelo de referência OSI (*Open Systems Interconnection*) : configuração, desempenho, falhas, segurança e contabilização

- **Precificação:** especificação, negociação e determinação de preços de serviços;
- **Tarifação:** combinação de registros de contabilização, preços de serviços e tarifas (transformação de valores técnicos em monetários, gerando registros de tarifação);
- **Cobrança:** coleta de registros de tarifação relativos a um período para a geração de faturas destinadas aos usuários.

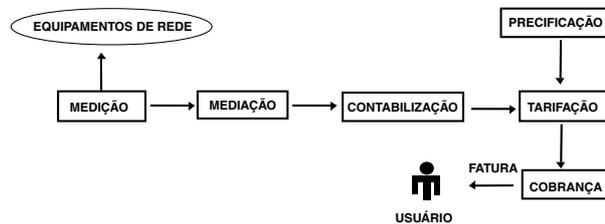


Figura 1: Um conjunto de processos de contabilização.

Nesse conjunto, os processos executam papéis bem definidos e suas relações também são definidas de forma clara, portanto, foi tomado como base para o projeto de uma arquitetura de contabilização no nível de serviços para a *Internet* com QoS, como pode ser visto na seção 5.

4. Cenário de aplicações

A *Internet 2*, pelo menos no Brasil, ainda está restrita a entidades de pesquisa e órgãos governamentais. Sendo assim, pouco se sabe a respeito do comportamento real dos provedores e usuários nesse ambiente. Desse modo, a formulação de modelos consistentes de contabilização, precificação e tarifação ainda depende muito de experimentos.

Realizar esse tipo de experimento em um ambiente real certamente demandaria um investimento de grande porte. Entretanto, um ambiente propício está sendo criado para o estudo das inter-relações entre os diversos tipos de entidades participantes da *Internet*, notadamente o aspecto da determinação de preços e custos de uso de serviços. A criação do ambiente é objetivo do projeto InterQoS [Nassif, 2002], uma atividade que é parte do projeto QoSWare². O InterQoS é um jogo de estratégias, em que o objetivo principal é a identificação e o tratamento de problemas de precificação que surgiram em função da adição de QoS à *Internet*. A idéia central do jogo InterQoS é disponibilizar um ambiente onde os jogadores possam negociar contratações e experimentar estratégias para avaliar suas decisões e ações. Os jogadores são organizados em classes ou entidades (provedores de serviços *Internet*, operadoras de telecomunicação, provedores de rede e internautas ou usuários) com objetivos e metas bem específicas e a competição ocorre apenas nos limites de determinadas classes de jogadores. Em outras palavras, cada categoria de jogador tem um perfil composto de objetivos e estratégias:

- **Provedor de Serviços *Internet* (ISP):** O objetivo desse jogador é sempre oferecer um serviço com qualidade fim-a-fim, maximizando o número de clientes (representados por jogadores internautas) e minimizando o seus custos de operação. Suas estratégias levam em conta planos de assinaturas diferenciados para os

²Projeto suportado pelo CNPq na Rede Nacional de Pesquisa (RNP), com participação da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco) e da UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais).

usuários, formas de contratações das conexões de rede, escolha das variáveis que irão compor a sua função-custo, contabilização no nível de serviços, dentre outras.

- **Provedor de Rede ou backbone:** Entidade responsável por prover a interligação de ISPs para o transporte de serviços com QoS. Objetivos principais do provedor de *backbone*: maximizar o número de ISPs conectados à sua estrutura definindo preços para os seus serviços e estabelecer os contratos mais vantajosos com operadoras de telecomunicação.
- **Operadora de Telecomunicação:** As operadoras de telecomunicação devem disputar as conexões que os provedores de rede desejam realizar entre eles. Compreendem seus objetivos principais : (1) definição de preços para serviços com QoS, (2) negociação de largura de banda para cada trecho de sua propriedade, (3) definição das variáveis que compõem o custo dos serviços oferecidos aos provedores de rede.
- **Usuário Internet:** O objetivo dessa categoria de jogador é utilizar o maior número de serviços com QoS ao menor custo possível. Possíveis estratégias compreendem a escolha adequada de um provedor de serviços, escolha dos serviços, da forma de pagamento, etc.

A figura 2 ilustra a rede de entidades e inter-relacionamentos considerada para o InterQoS. Para efetuar a contabilização no nível de serviços, foi concebida uma arquitetura integrada ao InterQoS atuando no nível de ISPs. O modelo proposto, como será apresentado na próxima seção, é aplicável ao escopo de todo e qualquer provedor de serviços *Internet*, representado por jogadores no InterQoS. Essa arquitetura tem seu foco voltado para a contabilização baseada no uso e aplicação de tarifas, enquanto que a dinâmica do InterQoS é voltada para as questões de interrelação entre entidades e de precificação de serviços. Com essa integração, pode-se criar um ambiente completo para simulações e experimentos diversos, sendo possível a avaliação de modelos gerais de contabilização e precificação na *Internet 2*.

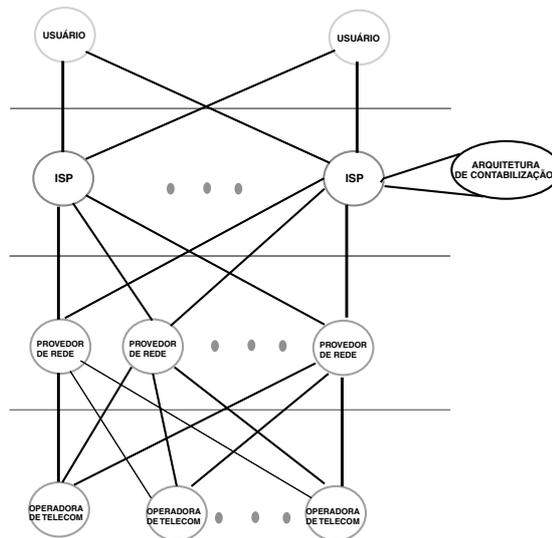


Figura 2: Arquitetura (em camadas) de rede do InterQoS.

À parte disso, as idéias e tecnologias aqui apresentadas podem também ser aplicadas de forma mais independente por provedores e usuários, em contextos que não o do

InterQoS.

5. Uma arquitetura de contabilização no nível de serviços para a Internet com QoS

A construção de um modelo consistente de contabilização deve fundamentalmente considerar os requisitos impostos pelo ambiente em que será aplicado. Dessa forma, o modelo a ser apresentado adiante considera o cenário de aplicações apresentado na seção anterior. Nesse cenário, os usuários não só solicitam o provimento de serviços, como também negociam preços e recursos. Por sua vez, os serviços providos são tarifados de acordo com a real utilização de recursos de rede.

O modelo portanto é uma arquitetura de contabilização no nível de serviços, que considera o consumo real de recursos de rede e que possibilita que os usuários negociem antes de solicitarem o provimento de um determinado serviço.

Como a contabilização será baseada no uso, mecanismos de medição são imprescindíveis. Em seguida, as informações de consumo são colhidas, contabilizadas, tarifadas e cobradas. A arquitetura proposta implementa esse ciclo por meio do conjunto de processos proposto por Gerke [Gerke, 2000] (medição, mediação, contabilização, precificação, tarifação e cobrança).

Uma consideração adicional é que o modelo pressupõe a existência de uma infra-estrutura de rede em que seja possível o provimento de serviços com garantias de qualidade. Nesse caso, tecnologias como *IntServ* e *DiffServ* podem ser aplicadas sem restrições.

5.1. Módulos do Sistema

Como mencionado anteriormente, o foco do modelo se dirige às questões relativas aos processos de contabilização e tarifação. No entanto, para a construção de um modelo completo e consistente, é necessário que os demais processos do ciclo de contabilização sejam também considerados.

Contudo, é razoável reutilizar soluções ou propostas já existentes para alguns processos de contabilização. No caso do processo de medição, poderiam ser utilizados roteadores especiais com capacidades avançadas de medição ou realizar alterações no *kernel* de sistemas operacionais como o Linux quando este estiver cumprindo o papel de um roteador. Já o processo de mediação, que deve realizar a coleta nas diversas unidades de medição e em seguida aplicar técnicas de correlação, filtragem e agregação, por si só já representa uma grande área de pesquisa, sobretudo em técnicas estatísticas vastamente estudadas e por isso serão aproveitadas nesse modelo. Além desses, o processo de cobrança, que realiza a coleta de registros tarifados para a emissão de faturas, é um tipo de procedimento comum em sistemas de cobrança existentes de forma abundante no mercado e portanto podem ser aproveitados.

Considerando essas observações e inspirado pelo modelo proposto em [Gerke, 2000], a arquitetura foi modularizada em duas categorias principais: (1) núcleo e (2) interfaces. O núcleo compreende os processos que fazem parte do escopo do modelo: contabilização, precificação e tarifação, enquanto que as interfaces possibilitam que os demais processos sejam incorporados à arquitetura (Veja a figura 3).

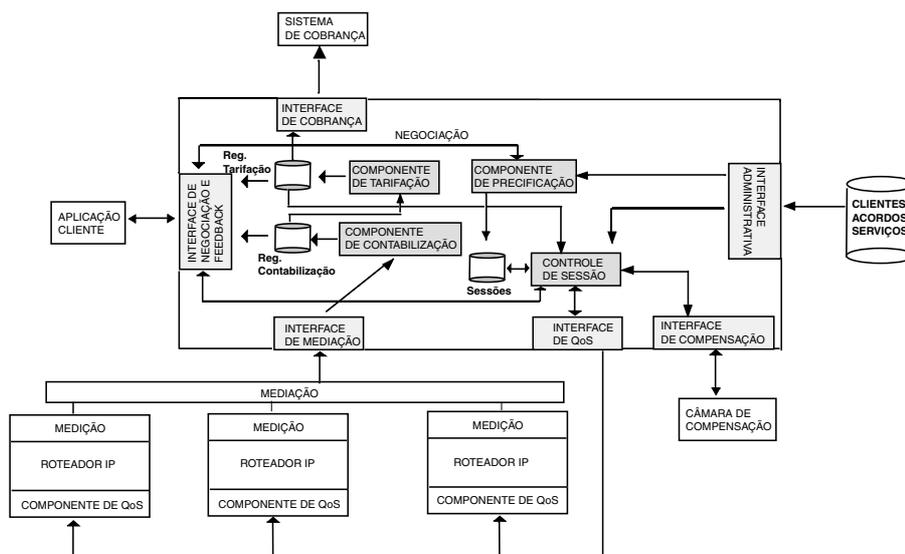


Figura 3: Visão geral da arquitetura de contabilização

5.1.1. Núcleo

O núcleo da arquitetura é composto de quatro módulos: o componente de contabilização, o componente de precificação, o componente de tarifação e um módulo adicional de controle de sessão.

- **Componente de Contabilização:** recebe informações acerca de utilizações de serviços. Essas informações já sofreram algum tipo de transformação, por exemplo a aplicação de técnicas de filtragens com o objetivo de reduzir o volume de informações em tráfego na rede. Em seguida, esse componente sumariza essas informações e gera os chamados registros de contabilização. Esses registros associam os dados de consumo a um usuário específico e podem ser transferidos a outros provedores por meio de um protocolo de contabilização (Contabilização Federada).
- **Componente de Precificação:** responsável por determinar preços de serviços para uma determinada sessão. A determinação de preços é resultante da negociação do provedor de serviços tanto com os provedores de rede, quanto com os usuários. Essa negociação não ocorrerá necessariamente para todas as sessões, podem existir períodos determinados para um ciclo de negociação. No caso específico do cenário aqui apresentado, a interação com o InterQoS ocorre basicamente com esse módulo da arquitetura.
- **Componente de Tarifação:** componente que periodicamente colhe registros de contabilização e aplica tarifas considerando o preço negociado. Essas tarifas normalmente se encontram definidas em acordos de nível de serviço, onde estão previstas por exemplo penalidades e ou abonos a serem aplicados em determinadas

situações. Essas tarifas definem a forma de cobrança (por exemplo, baseada no volume de dados, baseada no tempo de conexão, baseada na classe do serviço, etc.) e a sua granularidade. Como resultado, esse componente produz registros de tarifação.

- **Controle de sessão:** módulo que gerencia as sessões de usuário. A gerência de sessões compreende as operações de ativação, interrupção, cancelamento ou reinício de uma sessão. Esse módulo atualiza constantemente o estado de uma sessão e fornece os parâmetros de QoS resultantes de uma negociação aos componentes apropriados (componentes de gerência e monitoração de QoS, externos à arquitetura). Além disso, para o caso de se adotar a cobrança no modelo pré-pago, esse módulo fornecerá informações de atualização de créditos de um usuário a uma câmara de compensação.

5.1.2. Interfaces

As interfaces conectam a arquitetura aos componentes externos que complementam e completam o modelo. Essas interfaces compreendem :

- **Interface de Mediação:** todo e qualquer dado de medição do consumo de recursos chega ao componente de contabilização por meio dessa interface.
- **Interface de Negociação e *feed-back*:** essa interface implementa duas funcionalidades importantes e bem distintas. A negociação é um processo anterior à solicitação de um serviço. Por essa interface, os usuários são capazes de consultar os serviços providos por um provedor e seus respectivos preços. Essa consulta pode entretanto, abrir uma sessão de negociação de preços e recursos de rede, mais especificamente parâmetros de QoS. Ao final dessa negociação, o usuário aceita o preço negociado e inicia uma sessão ou simplesmente desiste e cancela a solicitação de um serviço. A outra funcionalidade, ou seja o *feed-back*, é o processo em que um usuário acessa a arquitetura para fazer consultas acerca do que já foi consumido por ele em um determinado período, uma espécie de extrato.
- **Interface de Cobrança:** disponibiliza registros de tarifação relativos a determinados períodos e a usuários específicos.
- **Interface de QoS:** disponibiliza os parâmetros de QoS a serem cumpridos em uma determinada sessão aos componentes de gerenciamento de qualidade de serviço.
- **Interface de Compensação:** por meio de um protocolo, envia atualizações de créditos de usuários a um sistema de compensação (*Clearing House*), que por sua vez, retorna o crédito atual do usuário em questão.
- **Interface Administrativa :** por essa interface é que os dados de cadastros gerais são consultados, por exemplo, a base de clientes, serviços e contratos (ou acordos).

5.2. Funcionamento

O funcionamento geral do modelo está descrito a seguir. Um usuário, representado na figura 3 por *aplicação cliente*, previamente cadastrado em um provedor de serviços *Internet*, com o qual possui um acordo de nível de serviço, solicita um determinado serviço ao provedor. Esse provedor, além de validar tal usuário, consulta em seu diretório de serviços se o serviço solicitado está disponível. Em caso afirmativo, o provedor entrega ao usuário a combinação serviço/preço, além de informá-lo do nível de qualidade de serviço a ser

aplicado. O usuário, de posse dessas informações, pode solicitar o início do provimento do serviço ou iniciar uma sessão de negociação de preços e QoS com o componente de precificação da arquitetura. Terminada a fase de negociação, de forma que se tenha chegado a um consenso, o usuário solicita o início do provimento do serviço em questão. A partir daí, tudo que o usuário tem a fazer é utilizar o serviço. Lembrando que, paralelamente, tal usuário poderá fazer consultas sobre os recursos já consumidos pela sua sessão e porventura solicitar o cancelamento ou interrupção da sessão. Do lado do provedor, à medida que o usuário consome recursos, ou seja, utiliza o serviço, dados relativos a esse consumo chegam pela interface de mediação. O componente de contabilização acumula tais dados e gera registros de contabilização. Periodicamente, o componente de tarifação coleta registros de contabilização e aplica uma tarifa a esses registros considerando o preço negociado, o que gera registros de tarifação. No caso de serviços pré-pagos, o módulo de controle de sessão deverá consultar continuamente a base de registros de tarifação para que sejam repassados a uma câmara de compensação. Essa câmara devolve ao sistema o crédito atual do usuário em questão. Caso os créditos não sejam suficientes para a continuação da sessão, o usuário é informado e a sessão é finalizada pelo sistema. Já para o caso de serviços pós-pagos, os registros de tarifação serão acumulados e em um determinado período colhidos para a geração de faturas de cobrança. A coleta desses registros é realizada por um sistema externo de cobrança (através da interface de cobrança).

6. Validação do modelo

Para validar o sistema foi implementado um protótipo do modelo. Esse protótipo tem a finalidade de exercitar o sistema, verificando sua dinâmica, a interação entre os módulos, a interação das interfaces com o ambiente externo e as saídas produzidas pelos diversos módulos.

6.1. Ambiente tecnológico

Decidiu-se utilizar a tecnologia de objetos distribuídos CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*)[OMG, 2001] como ambiente de desenvolvimento. Cada módulo do núcleo da arquitetura ou cada interface é implementada como um objeto CORBA isolado. Desse modo, a arquitetura é um sistema completamente distribuído. Uma das grandes vantagens em se utilizar CORBA nas interfaces é a facilidade de integração com outros aplicativos desenvolvidos por terceiros, o que é um objetivo importante para o modelo como um todo.

Em relação ao protocolo de negociação, ao invés de desenvolver um protocolo próprio, escolheu-se o RNAP (*Resource Negotiation and Pricing Protocol*)[Wang, 1999], [Wang, 2001] por atender de forma adequada e completa aos requisitos de negociação impostos pelo modelo. Por meio deste protocolo usuários e provedores de serviços (ou dois provedores) podem negociar serviços de rede. Os provedores de serviço comunicam a disponibilidade de seus serviços e informam cotações de preços e informações de tarifações aos usuários. Os usuários, por sua vez, requisitam ou renegociam serviços com uma especificação desejada, para um ou mais fluxos. Os mecanismos do protocolo RNAP são flexíveis o suficiente para suportar diversos modelos de entrega de serviços (*IntServ*, *DiffServ* e *Best-Effort*) e, além disso, possibilitam a renegociação dinâmica de serviços

durante uma sessão, o que possibilita o ajuste de preços em resposta a alterações na carga da rede.

Quanto à padronização dos registros de contabilização e ao protocolo de contabilização, optou-se por adotar o IPDR (*Internet Protocol Detailed Record*)[IPDR, 2002]. O IPDR é uma alternativa bastante explorada atualmente e apresenta uma estrutura muito flexível com registros auto-descritivos, além de suportar métricas de QoS. Em geral os atributos de um registro IPDR definem quem consumiu o recurso, o que foi consumido, onde foi consumido, quando foi consumido e porque foi consumido. Esses registros são definidos com uma linguagem, que pode ser XML ou XDR. Além da definição do formato do registro, o IPDR também define um protocolo para a troca de registros de contabilização entre provedores de serviços *Internet*. Tal protocolo é baseado no SOAP (*Simple Object Access Protocol*)[W3C, 2000]. Utilizando esse protocolo, pode-se considerar que o modelo se adapta a um ambiente federado.

6.2. Escopo do protótipo

O sistema desenvolvido é um protótipo com o objetivo de validação e não um sistema funcionalmente completo. Existem componentes que de início não são fundamentais para essa avaliação por não produzirem informações relevantes ou por não serem funcionalmente relevantes para a análise que se pretende realizar. Desse modo, apenas os componentes fundamentais foram implementados nesse protótipo.

A interface de mediação foi implementada como um objeto CORBA que disponibiliza um método para o recebimento de dados de utilização. Esses dados, quando recebidos, são formatados e enviados ao componente de contabilização, por meio de chamadas aos métodos do objeto CORBA correspondente a esse componente.

A interface de negociação e *feed-back* foi implementada disponibilizando apenas os métodos relativos às consultas dos registros de contabilização e tarifação. Na implementação desse protótipo, as operações relativas à dinâmica de negociação de preços e recursos foram implementadas diretamente entre a aplicação cliente e os módulos de precificação e controle de sessão, sem prejuízos a essa dinâmica. As operações de negociação também foram implementadas por meio de chamadas a métodos CORBA.

O componente de contabilização também foi desenvolvido como um objeto CORBA que recebe informações sobre utilizações de serviços, oriundas da interface de mediação, e as insere em uma base de registros de contabilização. As bases de registros de contabilização e tarifação foram implementadas na forma de tabelas de um banco de dados padrão SQL. Os registros de contabilização presentes nessa base de dados podem ser formatados de acordo com um padrão (nesse caso, o IPDR) e transmitidos a outros provedores por meio de um protocolo específico (utilizando nesse caso, o protocolo também definido pelo IPDR). Como o protocolo e o formato de registro definidos pelo IPDR já se encontram implementados e utilizados no mercado, decidiu-se por não incorporar as funcionalidades do IPDR à implementação desse protótipo. Desse modo, assumiu-se que o funcionamento do IPDR está de acordo com sua especificação. Conseqüentemente, esse protótipo está restrito ao domínio de apenas um provedor de serviços.

O componente de tarifação foi implementado sob a forma de um processo que realiza um *polling* na base de registros de contabilização procurando por novos registros a serem tarifados. Quando esse processo encontra novos registros de contabilização, aplica

uma determinada tarifa a esses registros gerando e armazenando o resultado em uma base de registros de tarifação.

Para que as tarifas sejam aplicadas de forma dinâmica, possibilitando a variação da função-custo e de suas variáveis, o componente de tarifação foi implementado baseado na utilização de políticas de tarifação.

A aplicação de políticas necessariamente requer uma linguagem de definição de políticas, um *parser* e um interpretador que efetivamente executará as políticas definidas.

Nesse protótipo, a linguagem de definição de políticas é um subconjunto da linguagem Perl, utilizando o *parser* e o interpretador disponíveis para essa linguagem. Um política de tarifação deve seguir a sintaxe:

[CONDICÃO] {função-custo}

A condição é opcional e pode por exemplo definir a aplicação de uma determinada função-custo a um mês específico, veja exemplo abaixo:

```
if (currentmonth == 12){ $cost = f - (f * 0.10); }
```

Nesse exemplo, no mês de dezembro as tarifas serão descontadas em 10% de seu valor.

A função-custo é livre, podendo aplicar fórmulas que consideram o volume de dados consumidos ou a duração de uma sessão de consumo. As variáveis são definidas na forma `##NOME-DA-VARIÁVEL##`. Antes de submeter a definição de uma política ao interpretador, as variáveis são substituídas por seus valores correntes. Um exemplo:

```
if (servicetype == 'VoIP'){ $cost = (##DURATION## * ##SERVICEPRICE##)/##PRICEUNIT##; }
```

Nesse caso, se o serviço utilizado for Voz sobre IP (VoIP), o custo do registro de tarifação será a duração da sessão (tipicamente em minutos), multiplicada pelo preço desse serviço, dividindo-se o resultado pela unidade de preço, por exemplo:

- preço do serviço = R\$ 0,10 por unidade de preço.
- unidade de preço = 1 minuto.

Para uma sessão típica de 15 minutos, teremos o custo:

```
$cost = (15 * 0,10)/1;  
$cost = R$ 1,50;
```

No caso de se considerar o volume de dados (normalmente em bytes), uma função-custo típica pode ser definida da seguinte forma:

```
{ $cost = (##TOTALVOLUME## * ##SERVICEPRICE##)/##PRICEUNIT##; }
```

A implementação do componente de precificação inclui algumas funcionalidades básicas do protocolo de negociação de preços e recursos (RNAP). As mensagens básicas desse protocolo foram implementadas, no entanto, funcionalidades como a negociação e alteração dinâmica de preços em resposta às mudanças no congestionamento da rede não

foram implementadas nesse protótipo. Esse componente também representa o ponto de integração com o InterQoS, disponibilizando desse modo um método para a definição e configuração dos preços de serviços.

O componente de controle de sessão é um objeto CORBA que disponibiliza os métodos de criação, interrupção e cancelamento de uma sessão de consumo. Nesse protótipo, por questões de simplificação, a interação do módulo de controle de sessão ocorre diretamente com a aplicação cliente e não com a interface de negociação e *feedback*.

A aplicação cliente foi implementada na forma de um processo que disponibiliza ao usuário (internauta) um *menu* de ações. Essas ações incluem : consultar a base de registros de contabilização, consultar a base de registros de tarifação e iniciar uma nova sessão de consumo. A solicitação do início de uma sessão dispara uma mensagem RNAP de consulta aos serviços disponíveis no provedor. O componente de precificação devolve a essa aplicação uma lista de serviços com seus respectivos preços/unidade em cada classe de serviço (foram definidas a princípio três classes : EF, AF e BE, cada qual com seus respectivos parâmetros de QoS). O usuário então escolhe um determinado serviço. Nesse ponto, esse usuário pode decidir por iniciar uma sessão de negociação, propondo um determinado preço para o serviço escolhido e escolhendo uma determinada classe de serviço. A classe de serviço escolhida será validada conforme os limites estipulados em um SLA e o preço proposto será aceito se estiver dentro dos limites mínimos para o serviço e para a carga atual da rede. Caso esse preço esteja fora desses limites, o componente de precificação fará uma contra-proposta de preço. Esse processo continua até que se chegue a um acordo ou que exceda um número máximo de tentativas de negociação.

As interfaces de cobrança, de compensação, de QoS e administrativa não foram implementadas nesse protótipo. Decidiu-se, por não ser relevante para a validação proposta, não incluir a parte de cobrança nesse protótipo, dessa forma, as interfaces de compensação e de cobrança não foram implementadas. Para efeito de simplificação, a interface de administrativa também não foi implementada. Nesse caso, o acesso às bases de serviços, clientes, acordos e tarifas é realizado diretamente pelos próprios módulos. Essas bases foram construídas na forma de tabelas de um banco de dados padrão SQL e foram carregadas com dados fictícios para alimentar o sistema. A interface de QoS, que disponibiliza os parâmetros de QoS a serem cumpridos em uma sessão, também não foi implementada. Isso porque a utilização de serviços será simulada e não de forma real, não existindo nesse caso, os componentes de controle e monitoração de QoS. Detalhes dessa simulação encontram-se no próximo item.

6.3. Simulação da oferta de serviços

Os serviços disponibilizados pelo provedor não serão providos de forma real, mas serão simulados com o auxílio de uma ferramenta de simulação de redes. A ferramenta utilizada para esse protótipo foi o *Network Simulator 2* ou NS-2 e foram elaborados modelos específicos para a geração de tráfegos de rede.

A princípio foram construídos modelos de simulação para os serviços de Voz sobre IP, Vídeo sob demanda e Vídeo conferência. Foi construído um processo para a simulação de consumo durante uma sessão. Esse processo é estimulado pelo módulo de controle de sessão e dispara a simulação de rede para o serviço específico da sessão em questão.

O resultado dessa simulação é um conjunto de dados que caracterizam o consumo de recursos da sessão (total de pacotes, volume de bytes, pacotes descartados, duração, etc.). Esses dados são então repassados a interface de mediação. Desse modo, esse processo de simulação realiza o papel do processo de mediação e o simulador de rede (NS-2) representa a rede com seus roteadores e componentes de QoS e também executa o papel do processo de medição, já que coleta informações a respeito do consumo de recursos de rede.

6.4. Análise preliminar dos resultados

O processo de simulação e o exercício do protótipo ainda estão em andamento, desse modo, os resultados até então são preliminares.

Pôde-se perceber que a interface de mediação e o componente de controle de sessão são os módulos cruciais para a escalabilidade do modelo. A escala nesse caso refere-se ao número de sessões de consumo ativas simultaneamente em um dado instante. Como esses componentes são objetos CORBA, isolados e independentes, pode ser modelado um esquema de redundância desses módulos e de distribuição da carga entre os mesmos.

O modelo é basicamente orientado a eventos. Nesse contexto, esses eventos são representados por chamadas a métodos de objetos CORBA. O único componente que é orientado a *polling* é o componente de tarifação, que periodicamente consulta e realiza coletas na base de registros de contabilização. Para evitar que esse *polling* aumente o tráfego na rede, pode-se optar por instalar o componente de precificação na mesma máquina onde se encontra o servidor da base de dados.

Além disso, o sistema possui um certo grau de flexibilidade já que se adapta a tipos variados de serviços e tarifas, que por serem baseadas em políticas podem ter um comportamento completamente dinâmico.

As saídas analisadas até então referem-se à geração dos registros de contabilização e tarifação. A análise desses registros permite monitorar todo o processo de medição, mediação, contabilização e tarifação.

A implementação desse protótipo permitiu que se considerasse aspectos e parâmetros de QoS na contabilização e se aplicasse a contabilização baseada no uso, bem como a negociação entre usuários e provedores. Esses aspectos são fundamentais na contabilização de serviços na Internet 2.

7. Conclusões e trabalhos futuros

Como já foi discutido ao longo deste artigo, uma série de novos requisitos de contabilização foram introduzidos em função da adição de QoS à *Internet*. Neste artigo foi proposta uma arquitetura de contabilização no nível de serviços baseada na utilização de recursos e com capacidade de negociação de preços e QoS. O modelo considera parâmetros de QoS e acordos de nível de serviços na contabilização e tarifação. Além disso é uma arquitetura federada, já que considera a possibilidade de integração com outros provedores de serviços, utilizando para isso o protocolo IPDR. O cenário inicial a que o modelo se aplica é o ambiente do projeto InterQoS, mas nada impede que o modelo seja

implementado em um ISP real. Um outro ponto é que a arquitetura adapta-se a modelos de cobrança baseados em serviços pós-pagos e pré-pagos.

A grande deficiência dos modelos existentes, assim como das arquiteturas apresentadas na seção 2, refere-se à questão da negociação de preços e recursos. Apesar de sua relevância no contexto da *Internet* com qualidade de serviço, é um ponto ainda pouco explorado e um número bem pequeno de soluções já foram apresentadas, por exemplo o RNAP[Wang, 1999]. O RNAP porém é um protocolo de negociação e não uma arquitetura de contabilização e precificação de serviços. O modelo aqui apresentado procura explorar essa questão não só para atender a um novo requisito de contabilização da *Internet* com QoS, mas também para compreender a dinâmica dos processos de negociação e suas implicações para os usuários e provedores.

O projeto está atualmente na sua fase final e um protótipo do modelo foi implementado e integrado a uma ferramenta de simulação de redes. O ambiente tecnológico desse protótipo é completamente baseado em objetos distribuídos CORBA. O modelo foi implementado de forma que os seus módulos são completamente distribuídos. Isso garante que mais tarde, mecanismos de balanceamento de carga e redundância de módulos possam ser investigados e incorporados à arquitetura.

Nos próximos passos serão investigados mais a fundo a escalabilidade do modelo e os impactos que sua implantação causará ao desempenho da infra-estrutura de rede (aspectos relacionados ao *overhead*, atrasos e utilização de recursos de rede no gerenciamento). Uma outra questão a ser tratada diz respeito à existência ou não da necessidade de se contabilizar sessões de negociação e o próprio gerenciamento de contabilização. Pretende-se explorar também os aspectos da negociação dinâmica de preços e recursos em resposta a congestionamentos da rede. Aspectos como a escolha ou definição de um protocolo de comunicação com a câmara de compensação e a especificação de uma linguagem própria para a definição das políticas de tarifação, ainda são questões em aberto.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais a Lilian Noronha Nassif pelas discussões e sugestões dadas ao longo desse projeto.

Referências

- Evlogimenou,A. and Boutaba,B. (2002). *Programmable Accounting Management for Virtual Private Networks*. IEEE/IFIP Networks Operations and Management Symposium (NOMS 2002).
- Aboba,B., Arkko, J., Harrington, D. (October 2000). *Introduction to Accounting Management*. Request for Comments 2975 (RFC2975).
- Bhushan, B., Tschichholz, M., Leray, E., Donnelly, W. (2001). *Federated Accounting: Service Charging and Billing in a Business-to-Business Environment*. IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM 2001).

- Object Management Group. (February 2001). *The Common Object Request Broker: Architecture and Specification*. OMG Specification v2.4.2.
- IPDR, Inc. (October 2002). *Network Data Management - Usage for IP Based Services*. IPDR, Inc. NDM-U version 3.1.1 - <http://www.ipdr.org>.
- Gerke,J., Flury,P., Stiller, B. (August 2000). *The Design of a Charging and Accounting System for the Internet*. TIK-Report, Nr. 91, Swiss Federal Institute of Technology (ETH) - Zurich.
- Nassif,L.N., Correia, L.H.A., Cavalcanti, C.F., Nogueira,J.M., Loureiro, A.A.F., Mateus, G.R. (2002). *InterQoS - Strategy Enterprise Game for Price and QoS Negotiation on the Internet*. In Proceedings of the Second International Internet Charging and QoS Technologies (ICQT'02), Lecture Notes in Computer Science. Springer Verlag, 2002 - ISBN 3-540-44356-8.
- Radisic, I. (2002). *Using Policy-based concepts to provide Service Oriented Accounting Management*. IEEE/IFIP Networks Operations and Management Symposium (NOMS 2002).
- Gringel, T., Bhushan, B., Leray, E., Donnelly, W. (2001). *Federated Accounting: Design of a Mediation Adapter for Accounting in a Business-to-Business Environment*. IEEE/DCC-UFMG Latin America Network Operation and Management Symposium (LANOMS 2001).
- Wang, X., Schulzrinne, H. (June 1999). *RNAP: A Resource Negotiation and Pricing Protocol*. International Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV 1999), Basking Ridge - New Jersey.
- Wang, X., Schulzrinne, H. (April 2001). *Pricing Network Resources for Adaptive Applications in a Differentiated Services Network*. IEEE INFOCOM, Anchorage - Alaska.
- W3C Note. (May 2000). *Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.1*. <http://www.w3.org/TR/SOAP>.